

**DEVICE FOR OPTICAL COMMUNICATION AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR**

Patent Number: JP2003215372  
Publication date: 2003-07-30  
Inventor(s): ASAI MOTOO; TANAKA TOYOAKI  
Applicant(s): IBIDEN CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP2003215372  
Application Number: JP20020017287 20020125  
Priority Number(s):  
IPC Classification: G02B6/122; H01L23/12; H05K1/02; H05K3/46  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a device for optical communication which enables accurate optical communication with high reliability in transmitting an optical signal, since the optical signal transmitted in an optical path for optical signal transmission is hardly attenuated or is hardly absorbed in a wall surface, when the signal is reflected by the wall of the optical path, and therefore, the loss of the optical signal hardly occurs, and is small-sized by integrating optical parts and electronic parts required for optical communication into one body.

**SOLUTION:** The device for optical communication comprises an IC chip mounting substrate and a multi-layered printed wiring board, and the optical path for optical signal transmission penetrating the IC chip mounting substrate is arranged in the IC chip mounting substrate, and the optical path for optical signal transmission has a glossy metallic layer formed on a part or the whole of the wall surface.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**BLANK PAGE**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-215372

(P2003-215372A)

(43) 公開日 平成15年7月30日 (2003.7.30)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 B 6/122		H 0 5 K 1/02	T 2 H 0 4 7
H 0 1 L 23/12		3/46	B 5 E 3 3 8
H 0 5 K 1/02			N 5 E 3 4 6
3/46			Q
			Z

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 44 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-17287(P2002-17287)

(22) 出願日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(71) 出願人 000000158

イビデン株式会社

岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

(72) 発明者 浅井 元雄

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ  
ン株式会社内

(72) 発明者 田中 豊秋

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ  
ン株式会社内

(74) 代理人 100086586

弁理士 安富 康男

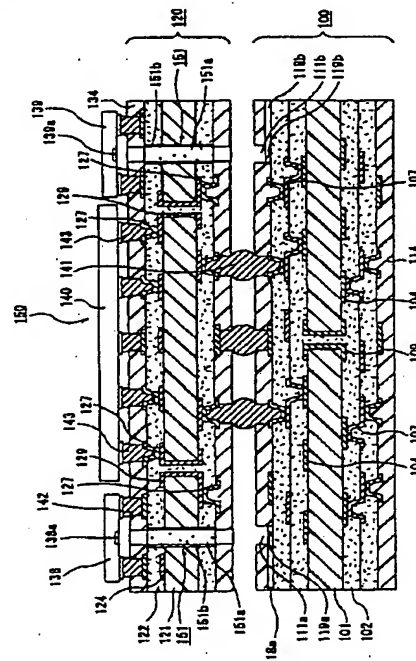
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光通信用デバイス、および、光通信用デバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光信号伝送用光路内を伝送する光信号が上記光信号伝送用光路の壁面で反射する際に減衰されたり、上記壁面に吸収されたりしにくく、光信号の損失が発生しにくいため、光信号の伝送の信頼性が高く正確な光通信を行うことができるとともに、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することにより小型化された光通信用デバイスを提供する。

【解決手段】 ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信用デバイスであって、前記ICチップ実装用基板には、該ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、前記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする光通信用デバイス。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、前記ICチップ実装用基板には、該ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、前記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする光通信デバイス。

【請求項2】 ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、前記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成され、前記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、前記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする光通信デバイス。

【請求項3】 ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、前記ICチップ実装用基板には、該ICチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、前記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成され、前記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されており、前記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする光通信デバイス。

【請求項4】 前記光信号伝送用光路は、空隙を含んで構成されている請求項1～3のいずれか1に記載の光通信デバイス。

【請求項5】 前記光信号伝送用光路は、樹脂組成物を含んで構成されている請求項1～3のいずれか1に記載の光通信デバイス。

【請求項6】 前記光信号伝送用光路は、空隙および樹脂組成物を含んで構成されている請求項1～3のいずれか1に記載の光通信デバイス。

【請求項7】 前記金属層には、粗化面が形成されている請求項5または6に記載の光通信デバイス。

【請求項8】 前記光信号伝送用光路を構成する樹脂組成物は、通信波長光の透過率が70%以上である請求項5～7のいずれか1に記載の光通信デバイス。

【請求項9】 (a) 基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(b) 前記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、(c) 前記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、(d) 前記貫通孔を介して光信号を送ることができる位置に光学素子を実装する光学素子実装工程とを含む方法を用いてICチップ実装用基板を製造し、これとは別に、光導波路を有する多層プリント配線板を製造した後、前記ICチップ実装用基板の光学素子と前記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を

配置、固定することを特徴とする光通信デバイスの製造方法。

【請求項10】 光学素子が実装されたICチップ実装用基板を製造し、これとは別に、(A) 基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(B) 前記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、(C) 前記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、(D) 前記貫通孔を介して光信号を送ることができる位置に光導波路を形成する光導波路形成工程とを含む方法を用いて多層プリント配線板を製造した後、前記ICチップ実装用基板の光学素子と前記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定することを特徴とする光通信デバイスの製造方法。

【請求項11】 (a) 基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(b) 前記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、(c) 前記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、(d) 前記貫通孔を介して光信号を送ることができる位置に光学素子を実装する光学素子実装工程とを含む方法を用いてICチップ実装用基板を製造し、これとは別に、(A) 基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(B) 前記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、(C) 前記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、(D) 前記貫通孔を介して光信号を送ることができる位置に光導波路を形成する光導波路形成工程とを含む方法を用いて多層プリント配線板を製造した後、前記ICチップ実装用基板の光学素子と前記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定することを特徴とする光通信デバイスの製造方法。

【請求項12】 前記ICチップ実装用基板と前記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成する請求項9～11のいずれか1に記載の光通信デバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信デバイス、および、光通信デバイスの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、通信分野を中心として光ファイバに注目が集まっている。特にIT（情報技術）分野においては、高速インターネット網の整備に、光ファイバを用いた通信技術が必要となる。光ファイバは、①低損失、②高帯域、③細径・軽量、④無誘導、⑤省資源等の特徴を有しており、これらの特徴を有する光ファイバを

用いた通信システムでは、従来のメタリックケーブルを用いた通信システムに比べ、中継器数を大幅に削減することができ、建設、保守が容易になり、通信システムの経済化、高信頼性化を図ることができる。

【0003】また、光ファイバは、一つの波長の光だけでなく、多くの異なる波長の光を1本の光ファイバで同時に多重伝送することができるため、多様な用途に対応可能な大容量の伝送路を実現することができ、映像サービス等にも対応することができる。

【0004】そこで、このようなインターネット等のネットワーク通信においては、光ファイバを用いた光通信を、基幹網の通信のみならず、基幹網と端末機器（パソコン、モバイル、ゲーム等）との通信や、端末機器同士の通信にも用いることが提案されている。

【0005】このように基幹網と端末機器との通信等に光通信を用いる場合、端末機器には光通信用デバイスを取り付ける必要があり、光通信用デバイスとしては、基板に光信号を伝送する光導波路、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学素子を備えたものが提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の光通信用デバイスは、接続信頼性の点で十分に満足のものではなかった。すなわち、光通信用デバイスを構成するICチップを実装したパッケージ基板、光信号を処理する受光素子や発光素子等の光学素子等を別々に実装した場合には、装置自体が大きくなり、端末機器の小型化をはかることが難しかった。また、光学素子が内蔵され、ICチップが実装されたICチップ実装用基板を用いる場合は、装置自体が大きくなるという問題は解消されるものの、以下のような不都合があった。

【0007】すなわち、光学素子内蔵パッケージ基板では、光学素子が基板内に完全に内蔵されているため、外部の光学素子（光ファイバや光導波路等）と接続する際に、位置合わせの微調整を行うことが難しく、また、パッケージ基板を製造する際に予め光学素子を内蔵しておくため、光学素子の位置ずれが発生しやすかった。これは、パッケージ基板の製造工程において、熱処理等を施す必要があり、光学素子を樹脂層に内蔵する場合には、この熱処理時に光学素子の位置ずれが発生するものと考えられる。このように、内蔵した光学素子に位置ずれが発生した場合、外部の光学部品（例えば、光導波路）と接続した際の接続損失が大きく、光通信における接続信頼性の低下につながっていた。また、この光学素子内蔵パッケージ基板では、内蔵した光学素子のいずれかに不都合が発生した場合、その光学素子のみを取り替えることができず、その光学素子内蔵パッケージ基板自体が不良品となるため、経済的に不利であった。また、光学素子の実装位置は、光信号伝送用光路の確保や、光学素子と外部基板に取り付けた光学部品（光導波路等）との位

置関係により制限されてしまい、そのため、ICチップ実装用基板の高密度化が困難になることがあった。

【0008】また、このような従来の端末機器では、ICチップ実装用基板と光学部品との距離が離れているため、電気配線距離が長く、信号伝送時にクロストークノイズ等による信号エラー等が発生しやすかった。

【0009】そこで、このような課題を解決するために、本発明者らは、先に、基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成され、最外層にソルダーレジスト層が形成されるとともに、光学素子が実装されており、上記基板、層間樹脂絶縁層およびソルダーレジスト層を貫通する光信号伝送用光路が配設された構造のICチップ実装用基板を発明した。上記ICチップ実装用基板は、光信号伝送用光路を介して、光学素子の入出力信号を伝送することができ、また、このICチップ実装用基板にICチップを実装した場合、ICチップと光学素子との距離が短く、電気信号伝送の信頼性に優れるとともに、ICチップを実装した上記ICチップ実装用基板では、光通信に必要な電子部品や光学素子を一体化することができるため、光通信用端末器の小型化に寄与することができるものであった。

【0010】このようなICチップ実装用基板においては、光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合、該光路用樹脂層と光信号伝送用光路の壁面との密着性を優れたものとするために、上記壁面に黒化・還元処理等の粗化処理を施して粗化面を形成していた。

【0011】しかしながら、このような粗化面が形成された光信号伝送用光路は、その壁面が黒色であったため、上記光信号伝送用光路内を伝送する光信号が上記壁面で反射する際に減衰されたり、上記壁面に吸収されたりして、光信号に損失が発生し、光信号の伝送の信頼性が低下して正確な光通信を行うことができなくなってしまうことがあった。また、上記光信号伝送用光路の壁面に粗化面を形成しない場合であっても、上記壁面は光沢がない状態であったため、やはり、光信号が上記壁面で反射する際に減衰されたり、上記壁面に吸収されたりして、光信号に損失が発生し、光信号の伝送の信頼性が低下して正確な光通信を行うことができなくなってしまうことがあった。

【0012】また、本発明者らが先に発明したICチップ実装用基板に実装された光学素子と、所定の位置に光導波路が形成された多層プリント配線板の該光導波路とが、光信号伝送用光路を介して光信号の伝送が可能なように構成された光通信用デバイスも、上記光信号が光信号伝送用光路の壁面で反射する際に減衰されたり、上記壁面に吸収されたりして、上記光信号に損失が発生し、光信号の伝送の信頼性が低下して正確な光通信を行うことができなくなることがあった。

【0013】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明者らは、さらに詳細に検討を行った結果、光信号伝送用光路の壁面の一部または全部に光沢を有する金属層を形成することで、光信号伝送用光路の壁面に当たった光信号が吸収されることなく反射され、光信号に損失が発生しにくく、光信号の伝送の信頼性に優れ、正確な光通信を行うことができることを見出し、下記の構成からなる本発明の光通信デバイスを作成させた。

【0014】すなわち、第一の本発明の光通信デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、上記ＩＣチップ実装用基板には、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、上記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする。

【0015】第二の本発明の光通信デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、上記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成され、上記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、上記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする。

【0016】第三の本発明の光通信デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、上記ＩＣチップ実装用基板には、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、上記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成され、上記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されており、上記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする。

【0017】第一～第三の本発明の光通信デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路は、空隙を含んで構成されているか、樹脂組成物を含んで構成されているか、または、空隙および樹脂組成物を含んで構成されていることが望ましい。

【0018】また、上記光通信デバイスにおいて、上記金属層には、粗化面が形成されていることが望ましい。また、上記光通信デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路を構成する樹脂組成物は、通信波長光の透過率が７０％以上であることが望ましい。

【0019】第四の本発明の光通信デバイスの製造方法は、（ａ）基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、（ｂ）上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、（ｃ）上記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、（ｄ）上記貫通孔を介して光信号を伝送することができる位置に光学素子を実

装する光学素子実装工程とを含む方法を用いてＩＣチップ実装用基板を製造し、これとは別に、光導波路を有する多層プリント配線板を製造した後、上記ＩＣチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定することを特徴とする。

【0020】また、第五の本発明の光通信デバイスの製造方法は、光学素子が実装されたＩＣチップ実装用基板を製造し、これとは別に、（Ａ）基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、（Ｂ）上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、（Ｃ）上記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、

（Ｄ）上記貫通孔を介して光信号を伝送することができる位置に光導波路を形成する光導波路形成工程とを含む方法を用いて多層プリント配線板を製造した後、上記ＩＣチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定することを特徴とする。

【0021】また、第六の本発明の光通信デバイスの製造方法は、（ａ）基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、（ｂ）上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、（ｃ）上記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、（ｄ）上記貫通孔を介して光信号を伝送することができる位置に光学素子を実装する光学素子実装工程とを含む方法を用いてＩＣチップ実装用基板を製造し、これとは別に、（Ａ）基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、（Ｂ）上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、（Ｃ）上記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、（Ｄ）上記貫通孔を介して光信号を伝送することができる位置に光導波路を形成する光導波路形成工程とを含む方法を用いて多層プリント配線板を製造した後、上記ＩＣチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定することを特徴とする。

【0022】また、第四～第六の本発明の光通信デバイスの製造方法では、上記ＩＣチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に封止用樹脂組成物を流し込んだ後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成することが望ましい。

【0023】

【発明の実施の形態】まず、第一の本発明の光通信デバイスについて説明する。第一の本発明の光通信デバイスは、ＩＣチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、上記ＩＣチップ実装用基板には、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、上記光信号伝送用光路

は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする。

【0024】第一の本発明の光通信デバイスでは、光信号伝送用光路の壁面の一部または全部に形成された光沢を有する金属層が、上記光信号伝送用光路内を伝送する光信号を好適に反射させることができるため、上記光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たることによって減衰されたり、吸収されたりしにくい。従って、第一の本発明の光通信デバイスによると、光信号伝送用光路内を伝送する光信号に損失が発生しにくいため、光信号の伝送の信頼性が高く、正確な光通信を実現することができる。

【0025】第一の本発明の光通信デバイスでは、光通信デバイスを構成する IC チップ実装用基板に、該 IC チップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されている。このような光信号伝送用光路が配設された IC チップ実装用基板を含んでなる本発明の光通信デバイスでは、上記 IC チップ実装用基板に実装した光学素子と多層プリント配線板に実装した光学部品との情報の授受を、この光信号伝送用光路を介して光信号により行うことができる。

【0026】第一の本発明の光通信デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されている。このように、光沢を有する金属層が光信号伝送用光路の壁面の一部または全部に形成されていると、上記光信号伝送用光路の内部を伝送する光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たった際、上記光沢を有する金属層で好適に反射されるため、光信号に損失が発生しにくく、光信号伝送の信頼性を向上させることができる。なお、上記光沢を有する金属層は、光信号伝送用光路の壁面の一部に形成されているか、または、上記壁面の全部に形成されているのであるが、上記光沢を有する金属層が光信号伝送用光路の壁面の一部に形成されている場合、上記光沢を有する金属層は光信号伝送用光路の基板および層間樹脂絶縁層を貫通する部分の壁面に形成されていることが望ましい。通常、基板や層間樹脂絶縁層は金属との密着性が高く、ソルダーレジスト層は金属との密着性が低いからである。

【0027】また、上記光信号伝送用光路は、空隙を含んで構成されていることが望ましい。光信号伝送用光路が空隙を含んで形成されている場合には、その形成が容易であるとともに、該光信号伝送用光路を介した光信号の伝送において、伝送損失が発生しにくい。なお、上記光信号伝送用光路の構成を空隙とするか否かは、IC チップ実装用基板の厚さ等を考慮して適宜決定すればよい。

【0028】また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物を含んで構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物を含んで構成されている場合には、IC チップ実装用基板の強度の低下を防止すること

ができる。また、光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されていると、該光信号伝送用光路内にゴミや異物等が入り込むことを防止することができるため、ゴミや異物等の存在に起因して光信号の伝送が阻害されることを防止することができる。

【0029】また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙を含んで構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙を含んで構成されている場合には、IC チップ実装用基板の強度の低下を防ぐことができる。なお、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合には、基板および層間絶縁層を貫通する部分に形成された光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成され、ソルダーレジスト層に形成された光信号伝送用光路が空隙により構成されていることが望ましい。通常、基板や層間絶縁層は樹脂との密着性が高く、ソルダーレジスト層は樹脂との密着性が低いからである。

【0030】以下、第一の本発明の光通信デバイスについて、図面を参照しながら説明する。図1は、第一の本発明の光通信デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図1には、IC チップが実装された状態の光通信デバイスを示す。

【0031】図1に示すように、第一の本発明の光通信デバイス150は、IC チップ140を実装したIC チップ実装用基板120と多層プリント配線板100とから構成され、IC チップ実装用基板120と多層プリント配線板100とは、半田接続部141を介して電気的に接続されている。

【0032】IC チップ実装用基板120は、基板121の両面に導体回路124と層間絶縁層122とが積層形成され、基板121を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層122を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール129およびバイアホール127により電気的に接続されている。また、IC チップ実装用基板120には、これを貫通する光信号伝送用光路151が形成されており、この光信号伝送用光路151は、その内部の一部に形成された光路用樹脂層151aと、光路用樹脂層151aの基板121および層間樹脂絶縁層122を貫通する部分の周囲の壁面に形成された光沢を有する金属層151bとから構成されている。従って、光信号伝送用光路151は、光路用樹脂層（樹脂組成物）151aおよび空隙とこれらの周囲の金属層151bとから構成されている。なお、図1に示す光通信デバイス150では、光信号伝送用光路151は、光路用樹脂層（樹脂組成物）151aおよび空隙とこれらの周囲の金属層151bとから構成されているが、光信号伝送用光路151は、空隙とこれら周囲の金属層とから構成されていてもよく、光路用樹脂層（樹脂組成物）とこれら周囲の金属層とから構成されていてもよい。

【0033】また、IC チップ実装用基板120では、



ICチップ140が実装された側の面に受光素子138および発光素子139が実装され、光信号伝送用光路151を介して、受光素子138と発光素子139と光導波路119(119a、119b)との間で光信号を伝送することができるように構成されている。さらに、ICチップ用実装基板120の最外層には、半田バンプを備えたソルダーレジスト層134が形成されている。

【0034】多層プリント配線板100は、基板101の両面に導体回路104と層間絶縁層102とが積層形成され、基板101を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層102を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール109およびバイアホール107により電気的に接続されている。また、多層プリント配線板100のICチップ用実装基板120と対向する側の最外層には、光路用開口111と半田バンプとを備えたソルダーレジスト層114が形成されるとともに、光路用開口111(111a、111b)直下に光変換ミラー119(119a、119b)を備えた光導波路118(118a、118b)が形成されている。

【0035】このような構成からなる光通信デバイス150では、光ファイバ(図示せず)を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路118aに導入され、光路変換ミラー119a、光路用開口111aおよび光信号伝送用光路151を介して受光素子138(受光部138a)に送られた後、受光素子138で電気信号に変換され、さらに、半田接続部142、導体回路124、バイアホール127、および、半田接続部143を介してICチップ140に送られることとなる。

【0036】また、ICチップ140から送り出された電気信号は、半田接続部143、バイアホール127、導体回路124、および、半田接続部142を介して発光素子139に送られた後、発光素子139で光信号に変換され、この光信号が発光素子139(発光部139a)から光信号伝送用光路151、光路用開口111bおよび光変換ミラー119b介して光導波路118bに導入され、さらに、光ファイバ(図示せず)を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

【0037】このような第一の本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板では、ICチップ実装用基板内、すなわち、ICチップに近い位置に実装された受光素子および発光素子において、光/電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、信号伝送の信頼性に優れ、より高速通信に対応することができることと、光通信に必要な光学部品と電子部品とを一体化することができるため、光通信端末機器の小型化に寄与することができる。また、ICチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田接続部を介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路(バイアホール、スルーホー

ルを含む)を介して、多層プリント配線板に実装された他のICチップ等の電子部品に送られることとなる。また、このような構成からなる光通信デバイス150では、ICチップ実装用基板に実装した受光素子および発光素子、ならびに、多層プリント配線板に形成した光導波路に位置ズレが発生しにくい、光信号の接続信頼性に優れることとなる。

【0038】なお、図1に示した多層プリント配線板における光導波路の形成位置は、ICチップ実装用基板に近い側の最外層の層間絶縁層上であるが、第一の本発明の光通信デバイスを構成する多層プリント配線板において、光導波路の形成位置はここに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、基板上であってもよい。

【0039】また、図1に示すICチップ実装用基板120では、光信号伝送用光路151の基板121および層間樹脂絶縁層122を貫通する部分の壁面に光沢を有する金属層151bが形成されている。このように光信号伝送用光路の壁面に光沢を有する金属層が形成されていることで、第一の本発明の光通信デバイスは、光信号が光信号伝送用光路内を伝送する際、上記金属層で光信号が好適に反射され、光信号の損失が発生しにくく、信号伝送の信頼性に優れたものとなる。また、図1に示すICチップ実装用基板120では、金属層151bは光信号伝送用光路151の一部(基板121および層間樹脂絶縁層122を貫通する部分)に形成されているが、第一の本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板は、例えば、光信号伝送用光路の壁面の全部に金属層が形成された構造であってもよい。

【0040】上記金属層は、光沢を有する金属層であり、その材質としては、金、銀、ニッケル、白金、アルミニウム、ロジウム等が挙げられる。これらの金属はいずれも光沢を有し、光信号を好適に反射することができるからである。また、場合によっては、上記金属層の材料として、例えば、銅、パラジウム等を用いることもできる。ただし、これらの材料は酸化されやすく、形成した金属層の表面の光沢度を低下させる酸化被膜が形成されやすいため、上記酸化被膜を除去することにより金属層の表面の光沢度を上昇させる必要がある。なお、第一の本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板において、金属層の材料としては、上述したものに限定されることはなく、鏡面光沢または鮮明度光沢を有するものであれば、その他の金属も用いることができる。

【0041】上記金属層の光沢度は、金属面の分光反射率を測定することにより得られた値によって表すことができる。上記金属面の分光反射率の測定は、上記金属層の材質と同様の材質からなる金属膜を真空蒸着により形成しておき、この金属膜に波長0.85μmの光を垂直に投射した場合の金属膜表面での反射率を測定すること



により行うことができる。また、第一の本発明の光通信用デバイスにおける上記光沢を有する金属層は、上記分光反射率が75%以上のものであることが望ましい。

〔0042〕また、第一の本発明の光通信用デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路の内部に上記光路用樹脂層が形成されている場合、上記金属層には、粗化面が形成されていることが望ましい。上記光信号伝送用光路に粗化面を形成することにより、光信号伝送用光路と上記光路用樹脂との密着性をより向上させることができる。ここで、上記金属層に形成する粗化面の平均粗度は、通常、望ましい下限が0.1μmであり、望ましい上限が5μmであり、導体回路と層間絶縁層との密着性を考慮すると、より望ましい下限が0.5μmであり、より望ましい上限が3μmである。なお、上記光信号伝送用光路の内部に上記光路用樹脂層が形成されていない場合であっても、上記金属層に、粗化面を形成することとしてもよい。

〔0043〕また、上記光沢を有する金属層は、一層からなるものであってもよく、二層以上の複数層からなるものであってもよく、また、上記金属層が二層以上からなる場合、光信号伝送用光路を構成する空隙や樹脂組成物と接する金属層（以下、最内層ともいう）が光沢を有するものであればよい。また、上記金属層が二層以上からなる場合、上記最内層の金属層をよりも外側の金属層（基板や層間樹脂絶縁層に近い側の金属層）に粗化面を形成し、この粗化面の形状に追従するように最内層の金属層を形成してもよい。金属層同士の密着性が向上するとともに、金属層と樹脂組成物との密着性も向上するからである。この場合も、金属層に形成した粗化面の平均粗度は、上記範囲にあることが望ましい。また、上記外側の金属層に粗化面を形成し、該粗化面を覆うように最内層の金属層を形成する際には、この最内層の金属層は、その被覆樹脂層等と接する面ができるだけ平坦になるように形成することも望ましい。光信号が好適に反射し、光信号に損失が発生しにくくなるからである。

〔0044〕また、第一の本発明の光通信用デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物を含んで構成されている場合、該樹脂組成物は、その通信波長光の透過率が70%以上であることが望ましい。通信波長光の透過率が70%未満では、光信号の損失が大きく、光信号の伝送性の低下に繋がることからである。なお、本明細書において、通信波長光の透過率とは、長さ1mmあたりの通信波長光の透過率をいう。具体的には、例えば、強さ $I_1$ の光が上記光路用樹脂層（樹脂組成物）に入射し、該光路用樹脂層を1mm通過して出てきたとした際に、出てきた光の強さが $I_2$ である場合に下記式（1）により算出される値である。

〔0045〕

$$\text{透過率 (\%)} = (I_2 / I_1) \times 100 \cdots (1)$$

〔0046〕上記光路用樹脂層としては、通信波長帯で

の吸収が少ないものであれば特に限定されず、その材料としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光化された樹脂等が挙げられる。具体的には、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

〔0047〕また、上記光路用樹脂層には、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていることが望ましい。粒子を含ませることにより、光信号伝送用光路、基板、層間樹脂絶縁層およびソルダーレジスト層等との間で熱膨張係数を整合させることができ、熱膨張係数の差に起因したクラック等がより発生しにくくなるからである。また、粒子の種類によっては難燃性を付与することもできる。上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との樹脂複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等からなるものが挙げられる。

〔0048〕具体的には、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等の熱硬化性樹脂；これらの熱硬化性樹脂の熱硬化基（例えば、エポキシ樹脂におけるエポキシ基）にメタクリル酸やアクリル酸等を反応させ、アクリル基を付与した樹脂；フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン（PE S）、ポリスルホン（PSF）、ポリフェニレンスルホン（PPS）、ポリフェニレンサルファイド（PPE S）、ポリフェニルエーテル（PPE）、ポリエーテルイミド（PI）等の熱可塑性樹脂；アクリル樹脂等の感光性樹脂等からなるものが挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体や、上記アクリル基を付与した樹脂や上記感光性樹脂と上記熱可塑性樹脂との樹脂複合体からなるものを用いることもできる。また、上記樹脂粒子としては、ゴムからなる樹脂粒子を用いることもできる。

〔0049〕また、上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物、チタニア等のチタン化合物等からなるものが挙げられる。また、シリカとチタニアとを一定の割合で混ぜ、溶融させて均一化したものを用いてもよい。また、上記無機粒子として、リンやリン化合物からなるものを用いることもできる。

〔0050〕上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、パラジウム、ニッケル、白金、鉄、亜鉛、鉛、アルミニウム、マグネシウム、カルシウム等からなるものが挙げられる。これらの樹脂粒子、無機粒子および金属粒子は、単独で用いても良いし、2種以上併用してもよい。

〔0051〕また、上記粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光路用樹脂層にクラック等がより発生しにくいからである。

〔0052〕また、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子を含んでいてもよい。なお、本明細書において、粒子の粒径とは、粒子の一番長い部分の長さをいう。

〔0053〕上記光路用樹脂層に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。

〔0054〕また、上記光信号伝送用光路の形状は特に限定されず、例えば、円柱状、楕円柱状、四角柱状、多角柱状等が挙げられる。これらのなかでは、円柱状が望ましい。その形成が容易だからである。

〔0055〕また、上記光信号伝送用光路の断面の径の望ましい下限は、100 $\mu$ mである。上記断面の径が100 $\mu$ m未満では、光路が塞がれてしまうおそれがあるとともに、該光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層を形成することが困難になることがあるからである。一方、上記断面の径の望ましい上限は、500 $\mu$ mである。500 $\mu$ mより大きくしても光信号の伝送性はあまり向上せず、ICチップ実装用基板に形成する導体回路の設計の自由度を阻害する原因となることがあるからである。上記断面の径は、光信号の伝送性と設計の自由度とがより優れるとともに、未硬化の樹脂組成物を充填する際にも不都合が発生しないという点から、そのより望ましい下限が250 $\mu$ mであり、より望ましい上限が350 $\mu$ mである。なお、上記光信号伝送用光路の断面の径とは、上記光信号伝送用光路が円柱状の場合にはその断面の直径、楕円柱状の場合にはその断面の長径、四角柱状や多角柱状の場合にはその断面の最も長い部分の長さをいう。

〔0056〕また、上記光信号伝送用光路のソルダーレジスト層を貫通する部分の断面の径は、基板および層間樹脂絶縁層を貫通する部分の断面の径よりも小さくても

よく、具体的には、上記ソルダーレジスト層を貫通する部分の断面の径は、上記基板および層間樹脂絶縁層を貫通する部分の断面の径よりも20~150 $\mu$ m小さくてもよい。なお、上記光信号伝送用光路の壁面に形成された光沢を有する金属層は、場合によっては、スルーホールとしての役目、即ち、基板を挟んだ導体回路間や、基板と層間樹脂絶縁層とを挟んだ導体回路間を電氣的に接続する役目を果たすことができる。

〔0057〕また、第一の本発明の光通信用デバイス構成するICチップ実装用基板には、受光素子や発光素子等の光学素子が実装されていることが望ましい。上記受光素子としては、例えば、PD（フォトダイオード）、APD（アバランシェフォトダイオード）等が挙げられる。これらは、上記ICチップ実装用基板の構成や、要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。上記受光素子の材料としては、Si、Ge、InGaAs等が挙げられる。これらのなかでは、受光感度に優れる点からInGaAsが望ましい。

〔0058〕上記発光素子としては、例えば、LD（半導体レーザ）、DFB-LD（分布帰還型半導体レーザ）、LED（発光ダイオード）等が挙げられる。これらは、上記ICチップ実装用基板の構成や要求特性等を考慮して適宜使い分ければよい。

〔0059〕上記発光素子の材料としては、ガリウム、砒素およびリンの化合物（GaAsP）、ガリウム、アルミニウムおよび砒素の化合物（GaAlAs）、ガリウムおよび砒素の化合物（GaAs）、インジウム、ガリウムおよび砒素の化合物（InGaAs）、インジウム、ガリウム、砒素およびリンの化合物（InGaAsP）等が挙げられる。これらは、通信波長を考慮して使い分ければよく、例えば、通信波長が0.85 $\mu$ m帯の場合にはGaAlAsを使用することができ、通信波長が1.3 $\mu$ m帯や1.55 $\mu$ m帯の場合には、InGaAsやInGaAsPを使用することができる。

〔0060〕第一の本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板には、光導波路が形成されていることが望ましい。上記光導波路としては、例えば、ポリマー材料等からなる有機系光導波路、石英ガラス、化合物半導体等からなる無機系光導波路等が挙げられる。これらのなかでは、ポリマー材料等からなる有機系光導波路が望ましい。層間樹脂絶縁層との密着性に優れ、加工が容易だからである。

〔0061〕上記ポリマー材料としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部が感光性化された樹脂、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との複合体等が挙げられる。

〔0062〕具体的には、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素

化PMMA等のアクリル樹脂、フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、UV硬化性エポキシ樹脂、ポリオレフィン系樹脂、重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂、ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

【0063】上記光導波路には、上記樹脂成分以外に、例えば、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていてもよい。上記粒子の具体例としては、上記封止樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

【0064】また、上記粒子の形状は特に限定されず、例えば、球状、楕円球状、破碎状、多面体状等が挙げられる。これらのなかでは、球状、または、楕円球状が望ましい。球状や楕円球状の粒子には角がないため、光導波路にクラック等がより発生しにくいからである。

【0065】また、上記粒子の粒径は、通信波長より短いことが望ましい。粒径が通信波長より長いと光信号の伝送を阻害することがあるからである。また、この範囲の粒径を有する粒子であれば、2種類以上の異なる粒径の粒子が含まれていてもよい。

【0066】上記光導波路に含まれる粒子の配合量の望ましい下限は10重量%であり、より望ましい下限は20重量%である。一方、上記粒子の配合量の望ましい上限は80重量%であり、より望ましい上限は70重量%である。粒子の配合量が10重量%未満であると、粒子を配合させる効果が得られないことがあり、粒子の配合量が80重量%を超えると、光信号の伝送が阻害されることがあるからである。また、上記光導波路の形状は特に限定されないが、その形成が容易であることから、シート状が望ましい。

【0067】このように光導波路に粒子が含まれる場合には、光導波路と、多層プリント配線板を構成する基板や層間樹脂絶縁層等との間で熱膨張係数の整合をはかることができ、熱膨張係数の差に起因するクラックや剥離等がより発生しにくくなる。

【0068】また、上記光導波路の厚さは1~100 $\mu$ mが望ましく、その幅は1~100 $\mu$ mが望ましい。上記幅が1 $\mu$ m未満では、その形成が容易でないことがあり、一方、上記幅が100 $\mu$ mを超えると、多層プリント配線板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがある。

【0069】また、上記光導波路の厚さと幅との比は、1:1に近いほうが望ましい。上記厚さと幅との比が1:1からはずれば、はずれるほど光信号を伝送する際の損失が大きくなるからである。さらに、上記光導波路が通信波長1.55 $\mu$ mのシングルモードの光導波路である場合には、その厚さおよび幅は5~15 $\mu$ mであることが望ましく、上記光導波路が通信波長0.85 $\mu$ mでマルチモードの光導波路である場合には、その厚さおよび幅は20~80 $\mu$ mであることが望ましい。

【0070】また、上記光導波路としては、受光用光導

波路と発光用光導波路とが形成されていることが望ましい。なお、上記受光用光導波路とは、光ファイバ等を利用して外部から送られてきた光信号を受光素子へ伝送するための光導波路をいい、上記発光用光導波路とは、発光素子から送られてきた光信号を光ファイバ等へ伝送するための光導波路をいう。また、上記受光用光導波路と上記発光用光導波路とは同一の材料からなるものであることが望ましい。熱膨張係数等の整合がはかりやすく、形成が容易であるからである。

【0071】上記光導波路には、上述したように、光路変換ミラーが形成されていることが望ましい。光路変換ミラーを形成することにより、光路を所望の角度に変更することが可能だからである。上記光路変換ミラーの形成は、後述するように、例えば、光導波路の一端を切削することにより行うことができる。

【0072】また、図1に示した多層プリント配線板では、光導波路が形成され、さらに、最外層にソルダーレジスト層が形成されているが、このソルダーレジスト層は、必要に応じて形成すればよく、例えば、ソルダーレジスト層を形成せず、下部クラッド、コアおよび上部クラッドからなる光導波路を層間樹脂絶縁層上の全面に形成し、上記上部にクラッドによって、ソルダーレジスト層としての役割を果たしてもよい。このような構成からなる本発明の光通信用デバイスは、後述する本発明の光通信用デバイスの製造方法により製造することができる。

【0073】また、図1に示す光通信用デバイス150では、ICチップ実装用基板120と多層プリント配線板100とは、半田接続部141を介して電気的に接続されているため、ICチップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光信号伝送用光路151等を介して多層プリント配線板100に送りだされるだけでなく、半田接続部141を介しても多層プリント配線板100に送られることとなる。

【0074】このように半田接続部を介してICチップ実装用基板と多層プリント配線板とが接続されている場合には、半田が有するセルフアライメント作用により上記ICチップ実装用基板を所定の位置に配置することができる。

【0075】なお、上記セルフアライメント作用とは、リフロー処理時に半田が自己の有する流動性により半田バンプ形成用開口の中央付近により安定な形状で存在しようとする作用をいい、この作用は、半田がソルダーレジスト層にはじかれるとともに、半田が金属に付く場合には、球形になろうとする表面張力が強く働くために起こるものと考えられる。このセルフアライメント作用を利用した場合、上記半田接続部を介して、上記ICチップ実装用基板を多層プリント配線板に接続する際に、リフロー前には両者に位置ズレが発生していたとしても、リフロー時に上記ICチップ実装用基板が移動し、該I

Cチップ実装用基板を多層プリント配線板上の正確な位置に取り付けることができる。従って、上記ICチップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子と、外部の光学部品とを光信号伝送用光路を介して、光信号の伝送を行う場合に、上記ICチップ実装用基板に実装された受光素子や発光素子の実装位置が正確であれば、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間で正確な光信号の伝送を行うことができる。

〔0076〕また、上記光通信用デバイスにおいては、上記光信号伝送用光路の少なくとも片側の端部に、マイクロレンズが配設されていてもよい。なお、上記マイクロレンズは、例えば、光信号伝送用光路の端部に直接配設されていてもよく、接着剤層を介して配設されていてもよく、また、場合によっては、上記マイクロレンズは、光信号伝送用光路の内部であって、光路用樹脂層中に配設されていてもよい。

〔0077〕また、上記光信号伝送用光路の一端（多層プリント配線板側）に配設されるマイクロレンズの屈折率は、上記光信号伝送用光路の内部に形成される光路用樹脂層の屈折率よりも大きいことが望ましい。このような屈折率を有するマイクロレンズを配設することにより、所望の方向に光信号を集光させることができるため、より確実に光信号の伝送を行うことができる。

〔0078〕また、上記マイクロレンズが凸形状のレンズである場合、このレンズの凸面の曲率半径は、光信号伝送用光路の設計等を考慮して適宜選択すればよい。具体的には、例えば、焦点距離を長くするときには、曲率半径を小さくすることが望ましく、焦点距離を短くするときには、曲率半径を大きくすることが望ましい。

〔0079〕上記マイクロレンズとしては特に限定されず、光学レンズに使用されているものが挙げられ、その材質の具体例としては、光学ガラス、光学レンズ用樹脂等が挙げられる。上記光学レンズ用樹脂としては、例えば、PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；ポリオレフィン系樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等が挙げられる。

〔0080〕上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配設する場合、該マイクロレンズは光信号伝送用光路の端部に直接配設されていてもよく、特に、光信号伝送用光路（ソルダーレジスト層を貫通する部分）の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用樹脂層に直接配設されていることが望ましい。

〔0081〕また、マイクロレンズの配設位置は、受光素子および発光素子に対向する側の光信号伝送用光路の端部が望ましいものの、ここに限定されることはなく、例えば、受光素子や発光素子側の光信号伝送用光路の端

部に配設されていてもよいし、光信号伝送用光路の両端部に配設されていてもよい。上記マイクロレンズの形状は、凸形状のレンズのほか、光信号を所望の方向に集光することができるものであればよい。

〔0082〕また、第一の本発明の光通信用デバイスの実施形態は、図1に示す形態に限定されるものではなく、例えば、図2に示すような形態であってもよい。なお、図2には、ICチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。図2に示すように、光通信用デバイス250は、ICチップ240を実装したICチップ実装用基板220と多層プリント配線板200とから構成され、ICチップ実装用基板220と多層プリント配線板200とは、半田接続部241を介して電気的に接続されている。また、ICチップ実装用基板220と多層プリント配線板200との間には、封止樹脂層260が形成されている。

〔0083〕ICチップ実装用基板220は、基板221の両面に導体回路224と層間絶縁層222とが積層形成され、基板221を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層222を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール229およびバイアホール227により電気的に接続されている。また、ICチップ実装用基板220には、これを貫通する光信号伝送用光路251が形成されており、この光信号伝送用光路251は、その内部の一部に形成された光路用樹脂層251aと、光路用樹脂層251aの基板221および層間樹脂絶縁層222を貫通する部分の周囲の壁面に形成された光沢を有する金属層251bとから構成されている。従って、光信号伝送用光路251は、光路用樹脂層251aおよび空隙とこれらの周囲の金属層251bとから構成されている。

〔0084〕多層プリント配線板200は、基板201の両面に導体回路204と層間樹脂絶縁層202とが積層形成され、基板201を挟んだ導体回路同士、および、層間樹脂絶縁層202を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール209およびバイアホール207により電気的に接続されている。また、多層プリント配線板200のICチップ用実装基板220と対向する側の最外層には、光路用開口211と半田バンプとを備えたソルダーレジスト層214が形成されるとともに、光路用開口211（211a、211b）直下に光変換ミラー219（219a、219b）を備えた光導波路218（218a、218b）が形成されており、光路用開口211内には、光路用樹脂層208（208a、208b）が形成されている。

〔0085〕このような構成からなる光通信用デバイス250では、光ファイバ等（図示せず）を介して外部から送られてきた光信号が、光導波路218aに導入され、光路変換ミラー219a、光路用開口211aおよび封止樹脂層260、さらには、光信号伝送用光路25

1を介して受光素子238(受光部238a)に送られた後、受光素子238で電気信号に変換され、さらに、導体回路および半田接続部を介してICチップ240に送られることとなる。

【0086】また、ICチップ240から送り出された電気信号は、半田接続部および導体回路を介して発光素子239に送られた後、発光素子239で光信号に変換され、この光信号が発光素子239(発光部239a)から光信号伝送用光路251、封止樹脂層260、光路用開口211bおよび光交換ミラー219b介して光導波路218bに導入され、さらに、光ファイバ等(図示せず)を介して光信号として外部に送りだされることとなる。

【0087】また、図2に示す光通信デバイス250では、ICチップ実装用基板220と多層プリント配線板200との間に封止樹脂層260が形成されている。このように、ICチップ実装用基板と、多層プリント配線板との間に封止樹脂層が形成されている光通信デバイスは、光学素子と光導波路との間に、空气中を浮遊しているゴミや異物等が入り込むことがなく、ゴミや異物の存在により光信号の伝送が阻害されることがないため、より信頼性に優れることとなる。

【0088】上記封止樹脂層としては、通信波長帯での吸収が少ないものであれば特に限定されず、その材料としては、例えば、第一の本発明の光通信デバイスにおいて光信号伝送用光路内に形成した光路用樹脂層と同様のものが挙げられる。

【0089】また、上記封止樹脂層は、通信波長光の透過率が70%以上であることが望ましい。通信波長光の透過率が70%未満では、光信号の損失が大きく、光通信デバイスの信頼性の低下に繋がることからである。なお、上記通信波長光の透過率とは、上述した通りである。

【0090】また、上記封止樹脂層には、樹脂粒子、無機粒子、金属粒子等の粒子が含まれていることが望ましい。粒子を含ませることにより、上記ICチップ実装用基板や上記多層プリント配線板との間で熱膨張係数を整合させることができ、熱膨張係数の差に起因したクラック等がより発生しにくくなるからである。上記粒子の具体例としては、第一の本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板において説明した光路用樹脂層に含まれる粒子と同様のもの等が挙げられる。

【0091】第一の本発明の光通信デバイスでは、上記光信号伝送用光路の屈折率が、上記封止樹脂層の屈折率よりも小さいことが望ましい。このような場合、上記光信号伝送用光路を介して伝送される光信号が受光素子の受光部に向かって集光することとなるため、より確実に光信号の伝送を行うことができる。また、上記発光素子から送り出された光信号は、光信号伝送用光路と封止樹脂層との界面で広がらない方向に屈折するため、封止

樹脂層を介してより確実に光導波路に向かって伝送されることとなる。

【0092】上記光通信デバイスにおいて、光信号伝送用光路は、その壁面に金属層が形成されており、図2に示すように、その内部の全体に光路用樹脂層が形成されていることが望ましい。封止樹脂層を形成する際に、光信号伝送用光路の内部が空隙により構成されている場合には、該光信号伝送用光路内の一部に封止樹脂層が入り込んでしまうことがあり、これにより光信号の伝送が阻害されてしまうことがある。

【0093】また、上記光通信デバイスでは、多層プリント配線板に設けられた光路用開口内にも光路用樹脂層が形成されていることが望ましく、この場合、上記樹脂組成物の屈折率は、封止樹脂層の屈折率よりも小さいことが望ましい。この場合、ICチップ実装用基板側から伝送される光信号は、多層プリント配線板に形成した光導波路の光路交換ミラーに向かって集光されることとなり、より確実に光信号の伝送を行うことができる。また、光導波路から送り出された光信号は、上記光路用開口と封止樹脂層との界面で広がらない方向に屈折するため、封止樹脂層を介してより確実に光信号伝送用光路に向かって伝送されることとなる。

【0094】また、上記光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されるとともに、上記光路用開口の内部にも光路用樹脂層が形成されており、かつ、上記光信号伝送用光路の厚さと光路用開口の厚さとが略同一である場合には、両光路用樹脂層の屈折率は、封止樹脂層の屈折率よりも小さく、かつ、略同一であることが望ましい。光学素子と光導波路との間でより確実に光信号の伝送を行うことができるからである。このような構成からなる第一の本発明の光通信デバイスは、例えば、後述する第四の本発明の光通信デバイスの製造方法を用いて製造することができる。

【0095】次に、第四の本発明の光通信デバイスの製造方法について説明する。第四の本発明の光通信デバイスの製造方法は、(a)基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(b)上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、(c)上記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、(d)上記貫通孔を介して光信号を伝送することができる位置に光学素子を実装する光学素子実装工程とを含む方法を用いてICチップ実装用基板を製造し、これとは別に、光導波路を有する多層プリント配線板を製造した後、上記ICチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定することとを特徴とする。

【0096】第四の本発明の光通信デバイスの製造方法により製造した光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板は、所定の位置に光学素子が実装されると



ともに、光信号伝送用光路の壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成され、該金属層が、上記光信号伝送用光路内を伝送する光信号を好適に反射させることができるため、上記光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たることによって減衰されたり、吸収されたりしにくく、光信号伝送用光路内を伝送する光信号の損失が発生しにくいため光信号の伝送の信頼性が高く、正確な光通信を実現することができるものである。したがって、第四の本発明の光通信デバイスの製造方法によると、実装した光学部品間の接続損失が低く、接続信頼性に優れた光通信デバイスを製造することができる。

【0097】上記光通信デバイスの製造は、例えば、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造し、その後、両者を半田等を介して接続することにより行うことができる。従って、ここでは、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とのそれぞれを製造する方法について別々に説明し、その後、両者を接続する方法について説明する。

【0098】以下に、ICチップ実装用基板の製造方法について説明する。まず、上記(a)の工程、すなわち、多層配線板を製造する多層配線板製造工程について工程順に説明する。具体的には、例えば、下記(1)～(9)の工程を経ることにより多層配線板を製造することができる。

(1) 絶縁性基板を出発材料とし、まず、該絶縁性基板上に導体回路を形成する。上記絶縁性基板としては、例えば、ガラスエポキシ基板、ポリエステル基板、ポリイミド基板、ビスマレイミド・トリアジン樹脂(BT樹脂)基板、熱硬化性ポリフェニレンエーテル基板、銅張積層板、RCC基板等が挙げられる。また、窒化アルミニウム基板等のセラミック基板や、シリコン基板を用いてもよい。上記導体回路は、例えば、上記絶縁性基板の表面に無電解めっき処理等によりベタの導体層を形成した後、エッチング処理を施すことにより形成することができる。また、銅張積層板やRCC基板にエッチング処理を施すことにより形成してもよい。

【0099】また、上記絶縁性基板を挟んだ導体回路間の接続をスルーホールにより行う場合には、例えば、上記絶縁性基板にドリルやレーザ等を用いて貫通孔を形成した後、無電解めっき処理等を施すことによりスルーホールを形成しておく。なお、上記スルーホール用の貫通孔の直径は、通常、100～300μmである。また、スルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填することが望ましい。

【0100】(2)次に、必要に応じて、導体回路の表面に粗化形成処理を施す。上記粗化形成処理としては、例えば、黒化(酸化)還元処理、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液等を用いたエッチング処理、Cu-Ni-P針状合金めっきによる処理等が挙げられる。ここで、粗化面を形成した場合、通常、該粗化面の

平均粗度の下限は0.1μmが望ましく、上限は5μmが望ましい。導体回路と層間樹脂絶縁層との密着性、導体回路の電気信号伝送能に対する影響等を考慮すると上記平均粗度の下限は2μmがより望ましく、上限は4μmがより望ましい。なお、この粗化形成処理は、スルーホール内に樹脂充填材を充填する前に、スルーホールの壁面にも粗化面を形成してもよい。スルーホールと樹脂充填材との密着性が向上するからである。

【0101】(3)次に、導体回路を形成した基板上に、熱硬化性樹脂、感光性樹脂、熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂や、これらと熱可塑性樹脂とを含む樹脂複合体からなる未硬化の樹脂層を形成するか、または、熱可塑性樹脂からなる樹脂層を形成する。なお、これらの樹脂層の形成には、例えば、基板に用いる樹脂と同様の樹脂等を用いることもできる。上記未硬化の樹脂層は、未硬化の樹脂をロールコーター、カーテンコーター等により塗布したり、未硬化(半硬化)の樹脂フィルムを熱圧着したりすることにより形成することができる。また、上記熱可塑性樹脂からなる樹脂層は、フィルム状に成形した樹脂成形体を熱圧着することにより形成することができる。

【0102】これらのなかでは、未硬化(半硬化)の樹脂フィルムを熱圧着する方法が望ましく、樹脂フィルムの圧着は、例えば、真空ラミネータ等を用いて行うことができる。また、圧着条件は特に限定されず、樹脂フィルムの組成等を考慮して適宜選択すればよいが、通常は、圧力0.25～1.0MPa、温度40～70℃、真空度13～1300Pa、時間10～120秒程度の条件で行うことが望ましい。

【0103】上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリオレフィン系樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリフェニレン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。上記エポキシ樹脂の具体例としては、例えば、フェノールノボラック型、クレゾールノボラック型等のノボラック型エポキシ樹脂や、ジシクロペンタジエン変成した脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。

【0104】上記感光性樹脂としては、例えば、アクリル樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂としては、例えば、上記した熱硬化性樹脂の熱硬化基とメタクリル酸やアクリル酸とをアクリル化反応させたもの等が挙げられる。

【0105】上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン(PES)、ポリスルホン(PSF)、ポリフェニレンスルホン(PPS)、ポリフェニレンサルファイド(PPEs)、ポリフェニレンエーテル(PPE)ポリエーテルイミド(PI)等が挙げられる。

【0106】また、上記樹脂複合体としては、熱硬化性

樹脂や感光性樹脂（熱硬化性樹脂の一部に感光性基が付与された樹脂も含む）と熱可塑性樹脂とを含むものであれば特に限定されず、熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えば、フェノール樹脂／ポリエーテルスルホン、ポリイミド樹脂／ポリスルホン、エポキシ樹脂／ポリエーテルスルホン、エポキシ樹脂／フェノキシ樹脂等が挙げられる。また、感光性樹脂と熱可塑性樹脂との具体的な組み合わせとしては、例えば、アクリル樹脂／フェノキシ樹脂、エポキシ基の一部をアクリル化したエポキシ樹脂／ポリエーテルスルホン等が挙げられる。

〔0107〕また、上記樹脂複合体における熱硬化性樹脂や感光性樹脂と熱可塑性樹脂との配合比率は、熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝95／5～50／50が望ましい。耐熱性を損なうことなく、高い靱性値を確保することができるからである。

〔0108〕また、上記樹脂層は、2層以上の異なる樹脂層から構成されていてもよい。具体的には、例えば、下層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝50／50の樹脂複合体から形成され、上層が熱硬化性樹脂または感光性樹脂／熱可塑性樹脂＝90／10の樹脂複合体から形成されている等である。このような構成にすることにより、絶縁性基板との優れた密着性を確保するとともに、後工程でバイアホール用開口等を形成する際の形成容易性を確保することができる。

〔0109〕また、上記樹脂層は、粗化面形成用樹脂組成物を用いて形成してもよい。上記粗化面形成用樹脂組成物とは、例えば、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して難溶性の未硬化の耐熱性樹脂マトリックス中に、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質が分散されたものである。なお、上記「難溶性」および「可溶性」という語は、同一の粗化液に同一時間浸漬した場合に、相対的に溶解速度の早いものを便宜上「可溶性」といい、相対的に溶解速度の遅いものを便宜上「難溶性」と呼ぶ。

〔0110〕上記耐熱性樹脂マトリックスとしては、層間樹脂絶縁層に上記粗化液を用いて粗化面を形成する際に、粗化面の形状を保持することができるものが好ましく、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、これらの複合体等が挙げられる。また、感光性樹脂を用いてもよい。なお、感光性樹脂を用いた場合には、層間樹脂絶縁層に露光、現像処理を用いてバイアホール用開口を形成することができる。

〔0111〕上記熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂等が挙げられる。また、上記熱硬化性樹脂を感光化する場合、メタクリル酸やアクリル酸等を用い、熱硬化基を（メタ）アクリル化反応させる。

〔0112〕上記エポキシ樹脂としては、例えば、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、フェノールノボラック型エポキシ樹脂、アルキルフェノールノボラック型エポキシ樹脂、ビスフェノールF型エポキシ樹脂、ナフタレン型エポキシ樹脂、ジシクロペンタジエン型エポキシ樹脂、フェノール類とフェノール性水酸基を有する芳香族アルデヒドとの縮合物のエポキシ化物、トリグリシジルイソシアヌレート、脂環式エポキシ樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。それにより、耐熱性等に優れるものとなる。

〔0113〕上記熱可塑性樹脂としては、例えば、フェノキシ樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、ポリフェニレンスルホン、ポリフェニレンサルファイド、ポリフェニルエーテル、ポリエーテルイミド等が挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

〔0114〕上記酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に対して可溶性の物質は、無機粒子、樹脂粒子および金属粒子から選ばれる少なくとも1種であることが望ましい。

〔0115〕上記無機粒子としては、例えば、アルミナ、水酸化アルミニウム等のアルミニウム化合物、炭酸カルシウム、水酸化カルシウム等のカルシウム化合物、炭酸カリウム等のカリウム化合物、マグネシア、ドロマイト、塩基性炭酸マグネシウム、タルク等のマグネシウム化合物、シリカ、ゼオライト等のケイ素化合物等からなるものが挙げられる。これらは単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

〔0116〕上記樹脂粒子としては、例えば、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等からなるものが挙げられ、酸、アルカリおよび酸化剤から選ばれる少なくとも1種からなる粗化液に浸漬した場合に、上記耐熱性樹脂マトリックスよりも溶解速度の早いものであれば特に限定されず、具体的には、例えば、アミノ樹脂（メラミン樹脂、尿素樹脂、グアナミン樹脂等）、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、フェノキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリフェニレン樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、ビスマレイミド・トリアジン樹脂等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。なお、上記樹脂粒子は予め硬化処理されていることが必要である。硬化させておかないと上記樹脂粒子が樹脂マトリックスを溶解させる溶剤に溶解してしまうこととなるからである。また、上記樹脂粒子としては、ゴム粒子や液相樹脂、液相ゴム等を用いてもよい。

〔0117〕上記金属粒子としては、例えば、金、銀、銅、スズ、亜鉛、ステンレス、アルミニウム、ニッケル、鉄、鉛等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上併用してもよい。また、上記金属粒子



は、絶縁性を確保するために、表層が樹脂等により被覆されていてもよい。

〔0118〕上記可溶性の物質を、2種以上混合して用いる場合、混合する2種の可溶性の物質の組み合わせとしては、樹脂粒子と無機粒子との組み合わせが望ましい。両者とも導電性が低いため、層間樹脂絶縁層の絶縁性を確保することができるとともに、難溶性樹脂との間で熱膨張の調整が図りやすく、粗化面形成用樹脂組成物からなる層間樹脂絶縁層にクラックが発生せず、層間樹脂絶縁層と導体回路との間で剥離が発生しないからである。

〔0119〕上記粗化液として用いる酸としては、例えば、リン酸、塩酸、硫酸、硝酸や、蟻酸、酢酸等の有機酸等が挙げられるが、これらのなかでは有機酸を用いることが望ましい。粗化处理した場合に、バイアホールの底面から露出する導体回路を腐食させにくいからである。上記酸化剤としては、例えば、クロム酸、クロム硫酸、アルカリ性過マンガン酸塩（過マンガン酸カリウム等）の水溶液等を用いることが望ましい。また、上記アルカリとしては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等の水溶液が望ましい。

〔0120〕上記可溶性の物質の平均粒径は、 $10\mu\text{m}$ 以下が望ましい。また、平均粒径が $2\mu\text{m}$ 以下の平均粒径の相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせ使用してもよい。すなわち、平均粒径が $0.1\sim 0.5\mu\text{m}$ の可溶性の物質と平均粒径が $1\sim 2\mu\text{m}$ の可溶性の物質とを組み合わせる等である。

〔0121〕このように、平均粒子と相対的に大きな粗粒子と平均粒径が相対的に小さな微粒子とを組み合わせることにより、無電解めっき膜の溶解残渣をなくし、めっきレジスト下のパラジウム触媒量を少なくし、さらに、浅くて複雑な粗化面を形成することができる。さらに、複雑な粗化面を形成することにより、粗化面の凹凸が小さくても実用的なピール強度を維持することができる。上記粗粒子は平均粒径が $0.8\mu\text{m}$ を超え $2.0\mu\text{m}$ 未満であり、微粒子は平均粒径が $0.1\sim 0.8\mu\text{m}$ であることが望ましい。

〔0122〕（4）次に、その材料として熱硬化性樹脂や樹脂複合体を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、未硬化の樹脂絶縁層に硬化処理を施すとともに、バイアホール用開口を形成し、層間樹脂絶縁層とする。また、この工程では、必要に応じて、貫通孔を形成してもよい。上記バイアホール用開口は、レーザ処理により形成することが望ましい。また、層間樹脂絶縁層の材料として感光性樹脂を用いた場合には、露光現像処理により形成してもよい。

〔0123〕また、その材料として熱可塑性樹脂を用いた層間樹脂絶縁層を形成する場合には、熱可塑性樹脂からなる樹脂層にバイアホール用開口を形成し、層間樹脂

絶縁層とする。この場合、バイアホール用開口は、レーザ処理を施すことにより形成することができる。また、この工程で貫通孔を形成する場合、該貫通孔は、ドリル加工やレーザ処理等により形成すればよい。

〔0124〕上記レーザ処理に使用するレーザとしては、例えば、炭酸ガスレーザ、紫外線レーザ、エキシマレーザ等が挙げられる。これらのなかでは、エキシマレーザや短パルスの炭酸ガスレーザが望ましい。

〔0125〕また、エキシマレーザのなかでも、ホログラム方式のエキシマレーザを用いることが望ましい。ホログラム方式とは、レーザ光をホログラム、集光レンズ、レーザマスク、転写レンズ等を介して目的物に照射する方式であり、この方式を用いることにより、一度の照射で樹脂フィルム層に多数の開口を効率的に形成することができる。

〔0126〕また、炭酸ガスレーザを用いる場合、そのパルス間隔は、 $10^{-4}\sim 10^{-8}$ 秒であることが望ましい。また、開口を形成するためのレーザを照射する時間は、 $10\sim 500\mu\text{s}$ 秒であることが望ましい。また、光学系レンズと、マスクとを介してレーザ光を照射することにより、一度に多数のバイアホール用開口を形成することができる。光学系レンズとマスクとを介することにより、同一強度で、かつ、照射強度が同一のレーザ光を複数の部分に照射することができるからである。このようにしてバイアホール用開口を形成した後、必要に応じて、デスミア処理を施してもよい。

〔0127〕（5）次に、バイアホール用開口の内壁を含む層間樹脂絶縁層の表面に、導体回路を形成する。導体回路を形成するにあたっては、まず、層間樹脂絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。上記薄膜導体層は、無電解めっき、スパッタリング等の方法により形成することができる。

〔0128〕上記薄膜導体層の材質としては、例えば、銅、ニッケル、スズ、亜鉛、コバルト、タリウム、鉛等が挙げられる。これらのなかでは、電気特性、経済性等に優れる点から銅や銅およびニッケルからなるものが望ましい。また、上記薄膜導体層の厚さは、無電解めっきにより薄膜導体層を形成する場合には、望ましい下限が $0.3\mu\text{m}$ 、より望ましい下限が $0.6\mu\text{m}$ であり、望ましい上限が $2.0\mu\text{m}$ 、より望ましい上限が $1.2\mu\text{m}$ である。また、スパッタリングにより形成する場合には、 $0.1\sim 1.0\mu\text{m}$ が望ましい。

〔0129〕また、上記薄膜導体層を形成する前に、層間樹脂絶縁層の表面に粗化面を形成しておいてもよい。粗化面を形成することにより、層間樹脂絶縁層と薄膜導体層との密着性を向上させることができる。特に、粗化面形成用樹脂組成物を用いて層間樹脂絶縁層を形成した場合には、酸や酸化剤等を用いて粗化面を形成することが望ましい。

〔0130〕また、上記（4）の工程で貫通孔を形成し

た場合には、層間樹脂絶縁層上に薄膜導体層を形成する際に、貫通孔の壁面にも薄膜導体層を形成することによりスルーホールとしてもよい。

〔0131〕(6)次いで、その表面に薄膜導体層が形成された層間樹脂絶縁層の上にめっきレジストを形成する。上記めっきレジストは、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、めっきレジストパターンが描画されたガラス基板等からなるフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成することができる。

〔0132〕(7)その後、薄膜導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成する。上記電解めっきとしては、銅めっきが望ましい。また、上記電解めっき層の厚さは、5～20μmが望ましい。

〔0133〕その後、上記めっきレジストと該めっきレジスト下の薄膜導体層とを除去することにより導体回路（バイアホールを含む）を形成することができる。上記めっきレジストの除去は、例えば、アルカリ水溶液等を用いて行えばよく、上記薄膜導体層の除去は、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行えばよい。また、上記導体回路を形成した後、必要に応じて、層間樹脂絶縁層上の触媒を酸や酸化剤を用いて除去してもよい。電気特性の低下を防止することができるからである。また、このめっきレジストを形成した後、電解めっき層を形成する方法（工程（6）および（7））に代えて、薄膜導体層上の全面に電解めっき層を形成した後、エッチング処理を施す方法を用いて導体回路を形成してもよい。

〔0134〕また、上記（4）および（5）の工程においてスルーホールを形成した場合には、該スルーホール内に樹脂充填材を充填してもよい。また、スルーホール内に樹脂充填材を充填した場合、必要に応じて、無電解めっきを行うことにより樹脂充填材層の表層部を覆う蓋めっき層を形成してもよい。

〔0135〕（8）次に、蓋めっき層を形成した場合には、必要に応じて、該蓋めっき層の表面に粗化処理を行い、さらに、上記（3）および（4）の工程を繰り返すことにより層間樹脂絶縁層を形成することができる。

〔0136〕（9）その後、必要に応じて、上記（3）～（8）の工程を繰り返すことにより、その両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成する。なお、この工程では、スルーホールを形成してもよいし、形成しなくてもよい。

〔0137〕このような（1）～（9）の工程を行うことにより、基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とが積層形成された多層配線板を製造することができる。なお、ここで詳述した多層配線板の製造方法は、セミアディティブ法であるが、上記（a）の工程で製造する多層配線板の製造方法は、セミアディティブ法に限定されず、フ

ルアディティブ法、サブトラクティブ法、一括積層法、コンフォーマル法等を用いて行うこともできる。これらのなかでは、セミアディティブ法やフルアディティブ法のアディティブ法が望ましい。エッチング精度が高いため、より微細な導体回路を形成するのに適しているとともに、導体回路の設計の自由度が向上するからである。

〔0138〕第四の本発明の光通信用デバイスの製造方法では、上記（a）の工程を経て、多層配線板を製造した後、上記（b）の工程、すなわち、上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程を行う。この工程で形成する貫通孔は、ICチップ実装用基板において光信号伝送用光路の役割を果たすこととなる。従って、この工程で形成する貫通孔を、以下、光路用貫通孔ともいう。

〔0139〕上記光路用貫通孔の形成は、例えば、ドリル加工やレーザー処理等により行う。上記レーザー処理において使用するレーザーとしては、上記バイアホール用開口の形成において使用するレーザーと同様のもの等が挙げられる。上記光路用貫通孔の形成位置は特に限定されず、導体回路の設計、ICチップや光学素子の実装位置等を考慮して適宜選択すればよい。また、上記光路用貫通孔は、受光素子や発光素子等の光学素子ごとに形成することが望ましい。また、信号波長ごとに形成してもよい。また、上記光路用貫通孔の断面の径は、100～500μmであることが望ましい。100μm未満であると、光路用貫通孔が塞がれてしまうことがあり、一方、500μmを超えても光信号伝送用光路の光信号の伝送性はあまり向上せず、ICチップ実装用基板を構成する導体回路等の設計の自由度を阻害する原因となることがある。

〔0140〕また、光路用貫通孔形成後、必要に応じて、光路用貫通孔の壁面にデスミア処理を行ってもよい。上記デスミア処理は、例えば、過マンガン酸溶液による処理や、プラズマ処理、コロナ処理等を用いて行うことができる。なお、上記デスミア処理を行うことにより、光路用貫通孔内の樹脂残り、バリ等を除去することができる。

〔0141〕次に、上記（c）の工程、すなわち、上記貫通孔（光路用貫通孔）の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程を行う。この金属層形成工程においては、光路用貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成するとともに、最外層の層間樹脂絶縁層上に導体回路を形成することが望ましい。従って、光路用貫通孔に光沢を有する金属層を形成するとともに、最外層の層間樹脂絶縁層上に導体回路を形成する方法について、以下に説明する。

〔0142〕まず、無電解めっき等により光路用貫通孔の壁面に導体層を形成するとともに、層間樹脂絶縁層の表面全体に導体層を形成する。

〔0143〕次に、上記導体層の表面全体（光路用貫通孔の壁面に形成した導体層を除く）にめっきレジストを

形成する。めっきレジストの形成は、例えば、上記（a）の（6）の工程と同様の方法等により行えばよい。

〔0144〕次に、上記光路用貫通孔の壁面に形成した導体層上に電解めっきや無電解めっき等を行い、上記光路用貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成し、その後、めっきレジストを除去する。上記金属層の材料としては、例えば、金、銀、ニッケル、白金、アルミニウム、ロジウム等が挙げられる。

〔0145〕次に、再度、上記層間樹脂絶縁層表面に形成した導体層上の導体回路非形成部分（上記光路用貫通孔の端面部分を含む）にめっきレジストを形成する。めっきレジストの形成は、例えば、上記（a）の（6）の工程で行った方法と同様の方法等により行えばよい。

〔0146〕さらに、上記層間樹脂絶縁層上に形成した導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、その後、めっきレジストと該めっきレジスト下の導体層とを除去することにより層間樹脂絶縁層上に独立した導体回路を形成する。

〔0147〕また、上記光路用貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成するとともに、上記多層配線板の最外層の層間樹脂絶縁層上に、最外層の導体回路を形成する別の方法として、以下のような方法を用いてもよい。すなわち、まず、無電解めっき等により光路用貫通孔の壁面に導体層を形成する際に、層間樹脂絶縁層の表面全体にも導体層を形成する。

〔0148〕次に、この層間樹脂絶縁層表面に形成した導体層上の導体回路非形成部分にめっきレジストを形成する。めっきレジストの形成は、例えば、上記（a）の（6）の工程で行った方法と同様の方法等により行えばよい。

〔0149〕さらに、上記光路用貫通孔の壁面、および、上記層間樹脂絶縁層上に形成した導体層をめっきリードとして電解めっきを行い、上記光路用貫通孔の壁面、および、上記めっきレジスト非形成部に電解めっき層を形成し、その後、めっきレジストと該めっきレジスト下の導体層を除去することにより、光路用貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成するとともに、層間樹脂絶縁層上に独立した導体回路を形成する。この方法によると、めっきレジストを形成する工程や電解めっきを施す工程を少なくすることができる。なお、この方法において、導体層および光路用貫通孔に形成する電解めっき層の材料としては、金、銀、ニッケル、白金またはアルミニウムを用いることができる。従って、この場合、上記導体回路の一部は、光沢を有する金属により構成されることとなる。

〔0150〕また、第四の本発明の光通信用デバイスの製造方法では、上記光路用貫通孔に形成する光沢を有する金属層と、最外層の層間樹脂絶縁層上に形成する導体

回路とを別々に形成してもよい。この場合、まず、多層配線板の表面全体（光路用貫通孔の壁面を除く）にめっきレジストを形成した後、無電解めっき等を施して上記光路用貫通孔の壁面に導体層を形成する。なお、上記めっきレジストの形成は、例えば、上記（a）の（6）の工程と同様の方法等により行えばよい。そして、上記導体層上に無電解めっきや電解めっきを行い、光路用貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する。上記光沢を有する金属層の材料としては、金、銀、ニッケル、白金、アルミニウム、ロジウム等が挙げられる。その後、上記めっきレジストを剥離することで、上記多層配線板の光路用貫通孔の壁面に導体層を介して光沢を有する金属層を形成することができる。なお、上記めっきレジストの除去は、例えば、アルカリ水溶液等を用いて行うことができる。このように光路用貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成した後、上記（a）の（6）および

（7）の工程と同様にして最外層の層間樹脂絶縁層の表面に導体回路を形成することができる。なお、光路用貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する方法としては、電解めっきや無電解めっき以外にも、例えば、真空蒸着、スパッタリング等の方法を用いることができる。

〔0151〕この（c）の工程においては、光路用貫通孔の壁面に形成した光沢を有する金属層の壁面に、必要に応じて、粗化面を形成してもよい。上記粗化面を形成する方法としては、例えば、第二銅錯体と有機酸塩とを含むエッチング液を用いたエッチング処理、Cu-Ni-P 針状合金めっきによる処理等が挙げられる。また、無電解めっき処理等により導体層を形成した後、該導体層に粗化面を形成し、この粗化面の形状に追従するように光沢を有する金属層を形成してもよい。なお、無電解めっき処理等で形成した導体層に粗化面を形成した後は、表面が平坦な光沢を有する金属層を形成してもよい。

〔0152〕また、上記（c）の工程で、貫通孔（光路用貫通孔）内に金属層を形成した後は、この光路用貫通孔内に未硬化の樹脂組成物を充填することが望ましい。光路用貫通孔内に、未硬化の樹脂組成物を充填した後、硬化処理を施すことにより、その内部に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路とすることができる。未硬化の樹脂組成物を充填する方法としては特に限定されず、例えば、印刷やポットイング等の方法を用いることができる。なお、未硬化の樹脂組成物の充填を印刷により行う場合、該未硬化の樹脂組成物は1回で充填してもよいし、2回以上に分けて印刷してもよい。また、多層配線板の両側から印刷を行ってもよい。

〔0153〕また、未硬化の樹脂組成物の充填を行う際には、上記光路用貫通孔の内積よりも少し多い量の未硬化の樹脂組成物を充填し、充填終了後、光路用貫通孔から溢れた余分な樹脂組成物を除去してもよい。上記余分な樹脂組成物の除去は、例えば、研磨等により行うこと

ができる。また、余分な樹脂組成物を除去する場合、樹脂組成物の状態は半硬化状態であってもよいし、完全に硬化した状態であってもよく、樹脂組成物の組成等を考慮して適宜選択すればよい。なお、上記未硬化の樹脂組成物としては、第一の本発明の光通信用デバイスを構成する IC チップ実装用基板において説明した光路用樹脂層の材料と同様のもの等が挙げられる。

【0154】このような貫通孔形成工程と、金属層形成工程と、必要に応じて行う樹脂組成物充填工程とを経ることにより上記 (a) の工程を経て製造した多層配線板に、その内部に樹脂組成物が充填されとともに、その周囲の壁面に金属層が形成された光信号伝送用光路の、基板および層間樹脂絶縁層を貫通する部分を形成することができる。また、上記金属層形成工程を行う際に、層間樹脂絶縁層の表面にも導体層を形成し、上述した処理を行うことにより独立した導体回路を形成することができる。

【0155】次に、必要に応じて、上記 (b) の工程で形成した貫通孔 (光路用貫通孔) に連通する開口を有するソルダーレジスト層を形成するソルダーレジスト層形成工程を行う。具体的には、例えば、下記 (1) および (2) の工程を行うことによりソルダーレジスト層を形成することができる。

【0156】(1) まず、光路用貫通孔を形成した多層配線板の最外層にソルダーレジスト組成物の層を形成する。上記ソルダーレジスト組成物の層は、例えば、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリオレフィン樹脂、フッ素樹脂、熱可塑性エラストマー、エポキシ樹脂、ポリイミド樹脂等からなるソルダーレジスト組成物を用いて形成することができる。

【0157】また、上記以外のソルダーレジスト組成物としては、例えば、ノボラック型エポキシ樹脂の (メタ) アクリレート、イミダゾール硬化剤、2 官能性 (メタ) アクリル酸エステルモノマー、分子量 500~5000 程度の (メタ) アクリル酸エステルの重合体、ビスフェノール型エポキシ樹脂等からなる熱硬化性樹脂、多価アクリル系モノマー等の感光性モノマー、グリコールエーテル系溶剤などを含むペースト状の流動体が挙げられ、その粘度は 25℃で 1~10 Pa・s に調整されていることが望ましい。また、市販のソルダーレジスト組成物を用いてもよい。また、この工程では、上記ソルダーレジスト組成物からなるフィルムを圧着してソルダーレジスト組成物の層を形成してもよい。

【0158】(2) 次に、上記ソルダーレジスト組成物の層に、上記光路用貫通孔に連通した開口 (以下、光路用開口ともいう) を形成する。具体的には、例えば、バイアホール用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザ処理等により形成する。また、上記光路用開口を形成する際には、同時に、半田バンプ形成用開口 (IC チップや光学素子を実装するため

の開口や、多層プリント配線板等の外部基板と接続するための開口) を形成することが望ましい。なお、上記光路用開口の形成と、上記半田バンプ形成用開口の形成とは、別々に行ってもよい。

【0159】また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを製作し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、光路用開口と半田バンプ形成用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。このような (1) および (2) の工程を経ることにより、光路用貫通孔を形成した多層配線板上に、該光路用貫通孔と連通した開口を有するソルダーレジスト層を形成することができる。なお、上記光路用開口の径は、上記光路用貫通孔の径と同一であってもよいし、上記光路用貫通孔の径よりも小さくてもよい。

【0160】また、上記 (c) の工程の後、光路用貫通孔内に光路用樹脂層を形成した場合には、この工程でも、ソルダーレジスト層に形成した光路用開口に未硬化の樹脂組成物に充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成することが望ましい。この工程においても光路用樹脂層を形成することにより、光信号伝送用光路の内部全体に光路用樹脂層が形成されることとなる。また、上記光路用開口内に充填する未硬化の樹脂組成物としては、上記した光路用貫通孔内に充填する未硬化の樹脂組成物と同一のものであることが望ましい。

【0161】また、その内部全体に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路を形成する場合には、上記 (c) の工程の後に未硬化の樹脂組成物の充填を行わず、この工程において、光路用貫通孔内およびこれに連通した光路用開口内に未硬化の樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより、その内部全体に光路用樹脂層が形成された光信号伝送用光路としてもよい。

【0162】また、上記 (c) の工程において、光路用貫通孔に未硬化の樹脂組成物を充填した後、この樹脂組成物を半硬化させ、その後、上述した方法で光路用開口を有するソルダーレジスト層の形成を行い、さらに、上記光路用開口内に未硬化の樹脂組成物を充填した後、光路用貫通孔内の樹脂組成物および光路用開口内の樹脂組成物に同時に硬化処理を施すことにより、光路用樹脂層を形成してもよい。

【0163】また、必要に応じて、光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配設する。上記光信号伝送用光路の端部にマイクロレンズを配設するには、ソルダーレジスト層上に形成した接着剤層を介して光信号伝送用光路の端部に配設すればよいが、特に、光信号伝送用光路の内部に光路用樹脂層が形成されている場合には、該光路用樹脂層上に直接配設することが望ましい。

【0164】上記光路用樹脂層上にマイクロレンズを直接配設する方法としては、例えば、未硬化の光学レンズ

10

20

30

40

50

用樹脂を光路用樹脂層上に適量滴下し、この滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施す方法等が挙げられる。上記未硬化の光学レンズ用樹脂を光路用樹脂層上に適量滴下する際には、ディスペンサー、インクジェット、マイクロビベット、マイクロシリンジ等の装置を用いることができる。このような装置を用いて光路用樹脂層上に滴下した未硬化の光学レンズ用樹脂は、その表面張力により球形になろうとするため、上記光路用樹脂層上で半球状となり、その後、半球状の未硬化の光学レンズ用樹脂に硬化処理を施すことで、光路用樹脂層上に半球状のマイクロレンズを配設することができる。

【0165】上記未硬化の光学レンズ用樹脂としては第一の本発明の光通信デバイスにおいて説明した光学レンズ用樹脂と同様の樹脂を挙げることができる。なお、上述した方法により形成するマイクロレンズの直径や曲面の形状等は、樹脂組成物と未硬化の光学レンズ用樹脂との濡れ性を考慮しながら、適宜未硬化の光学レンズ用樹脂の粘度等を調整することで制御することができる。

【0166】また、上記半田バンプ形成用開口等を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。これらのなかでは、ニッケル-金、ニッケル-銀、ニッケル-パラジウム、ニッケル-パラジウム-金等の金属により被覆層を形成することが望ましい。上記被覆層は、例えば、めっき、蒸着、電着等により形成することができるが、これらのなかでは、被覆層の均一性に優れるという点からめっきにより形成することが望ましい。

【0167】また、ICチップを実装するための開口（ICチップ実装用開口）や、多層プリント配線板等の外部基板と接続するための開口（多層プリント配線板接続用開口）に相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してICチップを実装したり、多層プリント配線板等の外部基板を接続したりすることが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するICチップや接続する多層プリント配線板等の外部基板のバンプを介して、これらとICチップ実装用基板とを電気的に接続することができる。

【0168】次に、上記(d)の工程、すなわち、上記開口（光路用開口）および上記貫通孔（光路用貫通孔）を介して光信号を伝送することができる位置に光学素子を実装する光学素子実装工程を行う。

【0169】上記光学素子の実装は、例えば、上記ICチップを実装するための開口等に半田ペーストを充填する工程で光学素子を実装するための開口（光学素子実装用開口）にも半田ペーストを充填しておき、さらに、リ

フローを行う際に、上記光学素子を取り付けることにより半田を介して実装すればよい。また、半田ペーストに代えて、導電性接着剤等を用いて光学素子を実装してもよい。なお、上記光学素子としては、例えば、上記した受光素子や発光素子等が挙げられる。このような工程を経ることにより、ICチップ実装用基板を製造することができる。

【0170】次に、多層プリント配線板の製造方法について説明する。

(1) まず、上記ICチップ実装用基板の製造方法の(a)の(1)および(2)の工程と同様にして、基板の両面に導体回路を形成するとともに、基板を挟んだ導体回路間を接続するスルーホールを形成する。また、この工程でも、導体回路の表面やスルーホールの壁面に、必要に応じて、粗化面を形成する。

【0171】(2) 次に、必要に応じて、導体回路を形成した基板に層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層形成する。具体的には、まず、上記ICチップ実装用基板の製造方法の(a)の(3)および(4)の工程と同様にして、ビアホール用開口を有する層間樹脂絶縁層を形成し、さらに、ICチップ実装用基板の製造方法の(5)の工程と同様にして、ビアホール用開口の壁面を含む層間樹脂絶縁層の表面に薄膜導体層を形成する。

【0172】次に、上記薄膜導体層上の全面に電気めっき層等を形成することにより導体層の厚さを厚くする。なお、電気めっき層等の形成は、必要に応じて行えばよい。次いで、上記導体層上にエッチングレジストを形成する。上記エッチングレジストは、例えば、感光性ドライフィルムを張り付けた後、該感光性ドライフィルム上にフォトマスクを密着配置し、露光現像処理を施すことにより形成する。

【0173】さらに、上記エッチングレジスト非形成部下の導体層をエッチング処理により除去し、その後、エッチングレジストを剥離することにより層間樹脂絶縁層上に導体回路（ビアホールを含む）を形成する。なお、上記エッチング処理は、例えば、硫酸と過酸化水素との混合液、過硫酸ナトリウム、過硫酸アンモニウム、塩化第二鉄、塩化第二銅等のエッチング液を用いて行うことができ、エッチングレジストの剥離は、アルカリ水溶液等を用いて行うことができる。

【0174】なお、ここで説明した導体回路の形成方法はサブトラクティブ法であるが、層間樹脂絶縁層上に導体回路を形成する方法としては、上記ICチップ実装用基板の製造方法の(a)の(5)～(7)と同様の方法を用いて導体回路を形成してもよい。また、この(2)の工程、すなわち、層間樹脂絶縁層と導体回路とを積層する工程は、1回のみ行ってもよいし、複数回行ってもよい。

【0175】(3) 次に、ICチップ実装用基板と対向する側の基板上、または、層間樹脂絶縁層上の導体回路



非形成部に光導波路を形成する。上記光導波路の形成は、その材料に石英ガラス等の無機材料を用いて行う場合、予め、所定の形状に成形しておいた光導波路を、接着剤を介して取り付けることにより行うことができる。また、上記無機材料からなる光導波路は、例えば、 $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 等の無機材料を液相エピタキシャル法、化学堆積法(CVD)、分子線エピタキシャル法等により成膜させることにより形成することができる。

【0176】また、上記光導波路を、ポリマー材料を用いて形成する場合は、予め、基板や離型フィルム上でフィルム状に成形しておいた光導波路形成用フィルムを層間樹脂絶縁層上に張り付けたり、層間樹脂絶縁層上に直接形成したりすることにより、光導波路を形成することができる。具体的には、反応性イオンエッチングを用いた方法、露光現像法、金型形成法、レジスト形成法、これらを組み合わせた方法等を用いて形成することができる。なお、これらの方法は、光導波路を基板や離型フィルム上に形成する場合にも、層間樹脂絶縁層上に直接形成する場合にも用いることができる。

【0177】上記反応性イオンエッチングを用いた方法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii) 次に、この下部クラッド上にコア用樹脂組成物を塗布し、さらに、必要に応じて、硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂層とする。(iii) 次に、上記コア形成用樹脂層上に、マスク形成用の樹脂層を形成し、次いで、このマスク形成用の樹脂層に露光現像処理を施すことにより、コア形成用樹脂層上にマスク(エッチングレジスト)を形成する。

【0178】(iv) 次に、コア形成用樹脂層に反応性イオンエッチングを施すことにより、マスク非形成部分のコア形成用樹脂層を除去し、下部クラッド上にコアを形成する。(v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。この反応性イオンエッチングを用いた方法では、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

【0179】また、露光現像法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii) 次に、この下部クラッド上にコア用樹脂組成物を塗布し、さらに、必要に応じて、半硬化処理を施すことによりコア形成用樹脂組成物の層を形成する。

【0180】(iii) 次に、上記コア形成用樹脂組成物の層上に、コア形成部分に対応したパターンが描画されたマスクを載置し、その後、露光現像処理を施すことにより、下部クラッド上にコアを形成する。(v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。この露光現像法は、工程数が少ないため、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、また、加熱工程が少ないため、光導波路に

応力が発生しにくい。

【0181】また、上記金型形成法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii) 次に、下部クラッドに金型形成によりコア形成用の溝を形成する。(iii) さらに、上記溝内にコア用樹脂組成物を印刷により充填し、その後、硬化処理を施すことによりコアを形成する。(iv) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。この金型形成法は、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。

【0182】また、上記レジスト形成法では、(i) まず、離型フィルム等の上に下部クラッドを形成し、(ii) さらに、この下部クラッド上にレジスト用樹脂組成物を塗布した後、露光現像処理を施すことにより、上記下部クラッド上のコア非形成部分に、コア形成用レジスト形成する。

【0183】(iii) 次に、下部クラッド上のレジスト非形成部分にコア用樹脂組成物の塗布し、(iv) さらに、コア用樹脂組成物を硬化した後、上記コア形成用レジストを剥離することにより、下部クラッド上にコアを形成する。(v) 最後に、上記コアを覆うように下部クラッド上に上部クラッドを形成し、光導波路とする。このレジスト形成法は、光導波路を量産する際に好適に用いることができ、寸法信頼性に優れた光導波路を形成することができる。また、この方法は、再現性にも優れている。なお、これらの方法で形成する光導波路では、コアの屈折率をクラッドの屈折率よりも大きくする。

【0184】また、この工程で光導波路を形成する際には、上述したような下部クラッドとコアと上部クラッドとを順次積層形成する方法を用いて、光導波路を基板上または層間樹脂絶縁層上に直接形成し、さらに、この場合に上部クラッドを基板上または層間樹脂絶縁層上全体に形成することにより、上部クラッドがソルダーレジスト層としての役割を果たすことができる。また、下部クラッドとコアとを予めフィルム状に形成しておき、これを基板上または層間樹脂絶縁層上の所定の位置に貼り付け、さらに、上記基板上または層間樹脂絶縁層上の全体に上部クラッドを形成することによっても、該上部クラッドがソルダーレジスト層としての役割を果たすことができる。

【0185】また、上記光導波路には、光路変換ミラーを形成する。上記光路変換ミラーは、光導波路を層間樹脂絶縁層上に取り付ける前に形成しておいてもよいし、層間樹脂絶縁層上に取り付け後に形成してもよいが、該光導波路を層間樹脂絶縁層上に直接形成する場合を除いて、予め光路変換ミラーを形成しておくことが望ましい。作業を容易に行うことができ、また、作業時に多層プリント配線板を構成する他の部材、例えば、基板や導

体回路、層間樹脂絶縁層等に傷を付けたり、これらを破損させたりするおそれがないからである。

【0186】上記光路変換ミラーを形成する方法としては特に限定されず、従来公知の形成方法を用いることができる。具体的には、先端がV形90°のダイヤモンドソーや刃物による機械加工、反応性イオンエッチングによる加工、レーザアブレーション等を用いることができる。

【0187】(4)次に、必要に応じて、光導波路を形成した基板の最外層にソルダーレジスト層を形成する。10 上記ソルダーレジスト層は、例えば、上記ICチップ実装用基板のソルダーレジスト層を形成する際に用いた樹脂組成物と同様の樹脂組成物を用いて形成することができる。

【0188】(5)次に、ICチップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層に半田バンプ形成用開口（ICチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装するための開口）と光路用開口とを形成する。上記半田バンプ形成用開口と光路用開口との形成は、ICチップ実装用基板に半田バンプ形成用開口を形成する方法と同様の方法、すなわち、露光現像処理やレーザ処理等を用いて行うことができる。なお、上記半田バンプ形成用開口の形成と、光路用開口の形成とは同時に行ってもよいし、別々に行ってもよい。

【0189】これらのなかでは、ソルダーレジスト層を形成する際に、その材料として感光性樹脂を含む樹脂組成物を塗布し、露光現像処理を施すことにより半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する方法を選択することが望ましい。露光現像処理により光路用開口を形成する場合には、開口形成時に、該光路用開口の下に存在する光導波路に傷を付けるおそれがないからである。また、ソルダーレジスト層を形成する際に、予め、所望の位置に開口を有する樹脂フィルムを作製し、該樹脂フィルムを張り付けることにより、半田バンプ形成用開口と光路用開口とを有するソルダーレジスト層を形成してもよい。

【0190】また、必要に応じて、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも半田バンプ形成用開口を形成してもよい。後工程を経ることにより、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層にも外部接続端子を形成することができるからである。

【0191】(6)次に、上記半田バンプ形成用開口を形成することにより露出した導体回路部分を、必要に応じて、ニッケル、パラジウム、金、銀、白金等の耐食性金属により被覆し、半田パッドとする。具体的には、ICチップ実装用基板の製造方法で説明した方法と同様の方法を用いて行えばよい。

【0192】(7)次に、必要に応じて、上記(5)の工程で形成した光路用開口内に、未硬化の樹脂組成物を

充填し、その後、硬化処理を施すことにより光路用樹脂層を形成する。なお、この工程で充填する未硬化の樹脂組成物は、ICチップ実装用基板の製造工程で、光路用貫通孔および光路用開口に充填する樹脂組成物と同一のものであることが望ましい。

【0193】(8)次に、上記半田パッドに相当する部分に開口部が形成されたマスクを介して、上記半田パッドに半田ペーストを充填した後、リフローすることにより半田バンプを形成する。このような半田バンプを形成することにより、該半田バンプを介してICチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品を実装することが可能となる。なお、この半田バンプは、必要に応じて形成すればよく、半田バンプを形成しない場合であっても、実装するICチップ実装用基板や各種表面実装型電子部品のバンプを介してこれらを実装することができる。また、ICチップ実装用基板と対向する面と反対側のソルダーレジスト層では、特に、外部接続端子を形成しなくてもよいし、必要に応じて、ピンを配設したり、半田ボールを形成したりすることにより、PGA (Pin Grid Array) やBGA (Ball Grid Array) としてもよい。このような工程を経ることにより、光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板を製造することができる。

【0194】第四の本発明の光通信用デバイスの製造方法では、次に、ICチップ実装用基板の光学素子と多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号伝送用光路を介して光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定する。ここでは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを対向配置した後、上記ICチップ実装用基板の半田バンプと、上記多層プリント配線板の半田バンプとにより半田接続部を形成し、両者を電氣的に接続するとともに、両者を固定する。すなわち、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とをそれぞれ所定の位置に、所定の向きで対向配置し、リフローすることにより両者を接続する。なお、上述したように、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板との両者を固定するための半田バンプは、両者のどちらか一方にのみ形成されていてもよい。

【0195】また、この工程では、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを両者の半田バンプを用いて接続するため、両者を対向配置した際に、両者の間で若干の位置ズレが存在していても、リフロー時に半田の有するセルフアライメント効果により両者を所定の位置に配置することができる。

【0196】また、本発明の製造方法では、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを所定の位置に配置、固定した後、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板との間に、封止用樹脂組成物を流し込み、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成してもよい。

【0197】上記封止用樹脂組成物としては、上述した



PMMA（ポリメチルメタクリレート）、重水素化PMMA、重水素フッ素化PMMA等のアクリル樹脂；フッ素化ポリイミド等のポリイミド樹脂；エポキシ樹脂；UV硬化性エポキシ樹脂；重水素化シリコン樹脂等のシリコン樹脂；ベンゾシクロブテンから製造されるポリマー等の樹脂成分と、必要に応じて含まれる粒子とに加えて、硬化剤や各種添加剤、溶剤等が適宜配合されたものが挙げられる。また、上記封止用樹脂組成物は、硬化後の通信波長光の透過率が70%以上であることが望ましい。

【0198】ここで、ICチップ実装用基板および多層プリント配線板の間に流し込む封止用樹脂組成物の粘度や、該封止用樹脂組成物を流し込んだ後の硬化処理の条件としては、封止用樹脂組成物の組成、ICチップ実装用基板および多層プリント配線板の設計等を考慮して適宜選択すればよい。

【0199】次に、ICチップ実装用基板にICチップを実装し、その後、必要に応じて、ICチップの樹脂封止を行うことにより光通信デバイスとする。上記ICチップの実装は従来公知の方法で行うことができる。また、ICチップの実装を、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続する前に、ICチップを実装したICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続することにより光通信デバイスとしてもよい。

【0200】次に、第二の本発明の光通信デバイスについて説明する。第二の本発明の光通信デバイスは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる光通信デバイスであって、上記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成され、上記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、上記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする

【0201】第二の本発明の光通信デバイスは、光信号伝送用光路の壁面の一部または全部に形成された光沢を有する金属層が、上記光信号伝送用光路内を伝送する光信号を好適に反射させることができるため、上記光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たることによって減衰されたり、吸収されたりしにくい。従って、第二の本発明の光通信デバイスによると、光信号伝送用光路内を伝送する光信号に損失が発生しにくいため、光信号の伝送の信頼性が高く、正確な光通信を実現することができる。

【0202】第二の本発明の光通信デバイスにおいて、該光通信デバイスを構成する多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されている。このような光信号伝送用光路が配設された多層プリント配線板では、この光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を行うことができる。

【0203】第二の本発明の光通信デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全

部に光沢を有する金属層が形成されている。このように、光沢を有する金属層が光信号伝送用光路の壁面の一部または全部に形成されていると、上記光信号伝送用光路の内部を伝送する光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たった際、上記光沢を有する金属層で好適に反射されるため、光信号に損失が発生しにくく、光信号伝送の信頼性を向上させることができる。なお、上記光沢を有する金属層は、光信号伝送用光路の壁面の一部に形成されているか、または、上記壁面の全部に形成されているのであるが、上記光沢を有する金属層が光信号伝送用光路の壁面の一部に形成されている場合、上記光沢を有する金属層は光信号伝送用光路の基板および層間樹脂絶縁層を貫通する部分の壁面に形成されていることが望ましい。通常、基板や層間樹脂絶縁層は金属との密着性が高く、ソルダーレジスト層は金属との密着性が低いからである。

【0204】また、上記光信号伝送用光路は、空隙を含んで構成されていることが望ましい。光信号伝送用光路が空隙を含んで形成されている場合には、その形成が容易であるとともに、該光信号伝送用光路を介した光信号の伝送において、伝送損失が発生しにくい。なお、上記光信号伝送用光路の構成を空隙とするか否かは、多層プリント配線板の厚さ等を考慮して適宜決定すればよい。

【0205】また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物を含んで構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物を含んで構成されている場合には、多層プリント配線板の強度の低下を防止することができる。また、光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されていると、該光信号伝送用光路内にゴミや異物等が入り込むことを防止することができるため、ゴミや異物等の存在に起因して光信号の伝送が阻害されることを防止することができる。

【0206】また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙を含んで構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙を含んで構成されている場合には、多層プリント配線板の強度の低下を防ぐことができる。なお、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合には、基板および層間絶縁層を貫通する部分に形成された光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成され、ソルダーレジスト層に形成された光信号伝送用光路が空隙により構成されていることが望ましい。通常、基板や層間絶縁層は樹脂との密着性が高く、ソルダーレジスト層は樹脂との密着性が低いからである。

【0207】上記光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板としては特に限定されず、例えば、第一の本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板等が挙げられる。また、第二の本発明の光通信デバイスを構成するICチップ実装用基板には、必ずしも光信号伝送用光路が形成されている必要はない。従っ

10

20

30

40

50

て、上記 IC チップ実装用基板に受光素子や発光素子等の光学素子を実装する場合には、IC チップ実装用基板の多層プリント配線板と対向する側に、半田や導電性接着剤等を介して取り付ければよい。この場合、IC チップ実装用基板に光信号伝送用光路が形成されていなくても、受光素子や発光素子と多層プリント配線板に形成した光導波路との間で光信号の伝送を行うことができる。

【0208】以下、第二の本発明の光通信用デバイスについて、図面を参照しながら説明する。図3は、第二の本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図3には、IC チップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

【0209】図3に示すように、第二の本発明の光通信用デバイス350は、IC チップ340を実装したIC チップ実装用基板320と多層プリント配線板300とから構成され、IC チップ実装用基板320と多層プリント配線板300とは、半田接続部341を介して電気的に接続されている。

【0210】IC チップ用実装基板320は、基板321の両面に導体回路324と層間絶縁層322とが積層形成され、基板321を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層322を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール329およびバイアホール327により電気的に接続されている。また、IC チップ用実装基板320の最外層には、半田バンプを備えたソルダーレジスト層334が形成されており、加えて、多層プリント配線板300と対向する側の最外層は、受光部338aおよび発光部339aがそれぞれ露出するように、受光素子338および発光素子339を備えている。

【0211】多層プリント配線板300は、基板301の両面に導体回路304と層間絶縁層302とが積層形成され、基板301を挟んだ導体回路同士、および、層間絶縁層302を挟んだ導体回路同士は、それぞれ、スルーホール309およびバイアホール307により電気的に接続されている。また、多層プリント配線板300には、基板301と層間絶縁層302とソルダーレジスト層314とを貫通する光信号伝送用光路361が形成されており、この光信号伝送用光路361を介して、光導波路319(319a、319b)と受光素子338や発光素子339との間で光信号の伝送を行うことができるように構成されている。さらに、この光信号伝送用光路361は、その壁面の一部に金属層361bが形成され、その内部の一部に光路用樹脂層361aが形成されている。多層プリント配線板300では、光導波路319が、基板301を挟んでIC チップ実装用基板320と反対側の最外層の層間絶縁層302上に形成されており、光導波路319は光路変換ミラー319(319a、319b)を備えている。図3に示す光通信用デバイス350では、受光素子および発光素子が多層プリント配線板と対向する側の面に実装されることとなる。

【0212】このような第二の本発明の光通信用デバイスでは、IC チップ実装用基板内、すなわち、IC チップに近い位置で、光/電気信号変換を行うため、電気信号の伝送距離が短く、より高速通信に対応することができる。また、IC チップから送り出された電気信号は、上述したように光信号に変換された後、光ファイバを介して外部に送りだされるだけでなく、半田接続部を介して多層プリント配線板に送られ、該多層プリント配線板の導体回路(バイアホール、スルーホールを含む)を介して、多層プリント配線板に実装された他のIC チップ等の電子部品に送られることとなる。また、このような構成からなる光通信用デバイスでは、IC チップ実装用基板に実装した受光素子および発光素子、ならびに、多層プリント配線板に形成した光導波路に位置ズレが発生しにくいいため、光信号の接続信頼性に優れることとなる。

【0213】なお、図3に示した多層プリント配線板における光導波路の形成位置は、最外層の層間絶縁層上であるが、第二の本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板において、光導波路の形成位置はここに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、基板上であってもよい。

【0214】また、図3に示す多層プリント配線板300では、光信号伝送用光路361の基板301および層間樹脂絶縁層302を貫通する部分の壁面に光沢を有する金属層361bが形成されている。このように光信号伝送用光路の壁面に光沢を有する金属層が形成されていることで、第二の本発明の光通信用デバイスは、光信号が光信号伝送用光路内を伝送する際、上記金属層で光信号が好適に反射され、光信号に損失が発生しにくく、信号伝送の信頼性に優れたものとなる。また、図3に示す多層プリント配線板300では、金属層361bは光信号伝送用光路361の一部(基板301および層間樹脂絶縁層302を貫通する部分)に形成されているが、第二の本発明の光通信用デバイスを構成するIC チップ実装用基板は、例えば、光信号伝送用光路の壁面の全部に金属層が形成された構造であってもよい。

【0215】なお、第二の本発明の光通信用デバイスにおける光信号伝送用光路、光学素子、光導波路等の材質等は、第一の本発明の光通信用デバイスのものとはほぼ同様であるため、その説明については省略することとする。このような構成からなる第二の本発明の光通信用デバイスは、例えば、後述する第五の本発明の光通信用デバイスの製造方法を用いて製造することができる。

【0216】次に、第五の本発明の光通信用デバイスの製造方法について説明する。第五の本発明の光通信用デバイスの製造方法は、光学素子が実装されたIC チップ実装用基板を製造し、これとは別に、(A)基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(B)上記多層配線板

に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、(C)上記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、(D)上記貫通孔を介して光信号を伝送することができる位置に光導波路を形成する光導波路形成工程とを含む方法を用いて多層プリント配線板を製造した後、上記ICチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定することを特徴とする。

【0217】第五の本発明の光通信デバイスの製造方法により製造した光通信デバイスを構成する多層プリント配線板では、光信号伝送用光路の一部または全部に光沢を有する金属層が形成され、該金属層が、上記光信号伝送用光路内を伝送する光信号を好適に反射させることができるため、上記光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たることで減衰されたり、吸収されたりしにくく、光信号伝送用光路内を伝送する光信号に損失が発生しにくいため、光信号の伝送の信頼性が高く、正確な光通信を実現することができるものである。したがって、第五の本発明の光通信デバイスの製造方法によると、実装した光学部品間の接続損失が低く、接続信頼性に優れた光通信デバイスを製造することができる。

【0218】第五の本発明の光通信デバイスもまた、第四の本発明の光通信デバイスの製造方法と同様、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造し、その後、両者を半田等を介して接続することにより製造することができる。従って、ここでは、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とのそれぞれを製造する方法について別々に説明し、その後、両者を接続する方法について説明する。

【0219】上記ICチップ実装用基板を製造する方法としては、例えば、第四の本発明の光通信デバイスの製造方法におけるICチップ実装用基板を製造する方法と同様の方法等を用いることができる。なお、上述したように、第五の本発明の光通信デバイスの製造方法においては、ICチップ実装用基板には、光信号伝送用光路が配設されていないICチップ実装用基板を製造する場合には、例えば、第五の本発明の光通信デバイスの製造方法におけるICチップ実装用基板を製造する方法において、(b)の工程を行わず、さらに、(c)の工程において光路用開口の形成を行わずに、必要に応じて、光学素子実装用開口の形成を行えばよい。また、上記ICチップ実装用基板を形成する場合、ソルダーレジスト層の形成は、必要に応じて行えばよい。

【0220】上記多層プリント配線板を製造する方法としては、例えば、下記(1)～(5)の工程を行う方法等を用いることができる。

(1) 第四の本発明の光通信デバイスの製造方法におけるICチップ実装用基板の製造方法の(a)および

(b)の工程と同様の方法を用いて、光路用貫通孔が形

成された多層配線板を製造する。

【0221】(2)次に、上記多層配線板の層間絶縁層上の導体回路非形成部に光導波路を形成する。該光導波路は、光路用貫通孔を介して、光信号を伝送することができる位置に形成する。なお、具体的な光導波路の形成方法としては、第四の本発明の光通信デバイスの製造方法における多層プリント配線板を製造する方法の

(3)の工程で用いる方法と同様の方法等を用いることができる。また、ここで形成する光導波路には、光路変換ミラーを形成する。

【0222】(3)次に、光導波路を形成した多層配線板の最外層に、ソルダーレジスト層を形成する。上記ソルダーレジスト層は、第四の本発明の光通信デバイスの製造方法における多層プリント配線板を製造する方法の(4)の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成すればよい。なお、上記ソルダーレジスト層の形成は必要に応じて行えばよい。

【0223】(4)次に、ICチップ実装用基板と対向する側のソルダーレジスト層に半田バンプ形成用開口と光路用開口とを形成する。上記半田バンプ形成用開口と光路用開口とは、第四の本発明の光通信デバイスの製造方法における多層プリント配線板を製造する方法の

(5)の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて形成すればよい。また、上記光路用開口は、上記(1)の工程で形成した光路用貫通孔に連通するように形成する。また、この工程では、光路用開口を形成した後、光路用開口内に樹脂組成物を充填してもよい。上記樹脂組成物としては、上記(1)の工程で光路用貫通孔に充填する樹脂組成物と同様のもの等が挙げられる。この工程で、光路用貫通孔と光路用開口とに同時に樹脂組成物を充填してもよい。

【0224】(5)次に、第四の本発明の光通信デバイスの製造方法における多層プリント配線板を製造する方法の(6)および(8)の工程で用いる方法と同様の方法等を用いて、半田パッドや半田バンプ等を形成することにより、多層プリント配線板を製造することができる。

【0225】次に、上記した方法で製造したICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続し、光通信デバイスを製造する。具体的には、第四の本発明の光通信デバイスを製造する際に用いた方法と同様の方法を用いて行えばよい。また、第四の本発明の光通信デバイスを製造する場合と同様、上記ICチップ実装用基板と上記多層プリント配線板とは、その対向する面のうちどちらか一方にのみ半田バンプが形成されていてもよい。この場合も両者を接続することができるからである。

【0226】次に、第三の本発明の光通信デバイスについて説明する。第三の本発明の光通信デバイスは、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とからなる

10

20

30

40

50

光通信用デバイスであって、上記ＩＣチップ実装用基板には、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、上記多層プリント配線板は、基板と導体回路とを含んで構成され、上記多層プリント配線板には、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されており、上記光信号伝送用光路は、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されていることを特徴とする。

〔０２２７〕第三の本発明の光通信用デバイスは、光信号伝送用光路の壁面の一部または全部に形成された光沢を有する金属層が、上記光信号伝送用光路内を伝送する光信号を好適に反射させることができるため、上記光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たることで減衰されたり、吸収されたりしにくい。従って、第三の本発明の光通信用デバイスによると、光信号伝送用光路内を伝送する光信号に損失が発生しにくいため、光信号の伝送の信頼性が高く、正確な光通信を実現することができる。

〔０２２８〕第三の本発明の光通信用デバイスでは、光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板に、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されており、光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板に、少なくとも基板を貫通する光信号伝送用光路が配設されている。このような光信号伝送用光路が配設された第三の本発明の光通信用デバイスでは、上記ＩＣチップ実装用基板に配設された光信号伝送用光路、および、上記多層プリント配線板に配設された光信号伝送用光路を介して光信号の伝送を行うことができる。

〔０２２９〕第三の本発明の光通信用デバイスにおいて、上記光信号伝送用光路には、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成されている。このように、光沢を有する金属層が光信号伝送用光路の壁面の一部または全部に形成されていると、上記光信号伝送用光路の内部を伝送する光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たった際、上記光沢を有する金属層で好適に反射されるため、光信号に損失が発生しにくく、光信号伝送の信頼性を向上させることができる。なお、上記光沢を有する金属層は、光信号伝送用光路の壁面の一部に形成されているか、または、上記壁面の全部に形成されているのであるが、上記光沢を有する金属層が光信号伝送用光路の壁面の一部に形成されている場合、上記光沢を有する金属層は光信号伝送用光路の基板および層間樹脂絶縁層を貫通する部分の壁面に形成されていることが望ましい。通常、基板や層間樹脂絶縁層は金属との密着性が高く、ソルダーレジスト層は金属との密着性が低いからである。

〔０２３０〕また、上記光信号伝送用光路は、空隙を含んで構成されていることが望ましい。光信号伝送用光路が空隙を含んで形成されている場合には、その形成が容易であるとともに、該光信号伝送用光路を介した光信号の伝送において、伝送損失が発生しにくい。なお、上記

光信号伝送用光路の構成を空隙とするか否かは、ＩＣチップ実装用基板または多層プリント配線板の厚さ等を考慮して適宜決定すればよい。

〔０２３１〕また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物を含んで構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物を含んで構成されている場合には、ＩＣチップ実装用基板または多層プリント配線板の強度の低下を防止することができる。また、光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成されていると、該光信号伝送用光路内にゴミや異物等が入り込むことを防止することができるため、ゴミや異物等の存在に起因して光信号の伝送が阻害されることを防止することができる。

〔０２３２〕また、上記光信号伝送用光路は、樹脂組成物および空隙を含んで構成されていることも望ましい。上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙を含んで構成されている場合には、ＩＣチップ実装用基板または多層プリント配線板の強度の低下を防ぐことができる。なお、上記光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙により構成されている場合には、基板および層間絶縁層を貫通する部分に形成された光信号伝送用光路が樹脂組成物により構成され、ソルダーレジスト層に形成された光信号伝送用光路が空隙により構成されていることが望ましい。通常、基板や層間絶縁層は樹脂との密着性が高く、ソルダーレジスト層は樹脂との密着性が低いからである。

〔０２３３〕第三の本発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板としては、該ＩＣチップ実装用基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されているものであれば特に限定されず、例えば、第一の本発明の光通信用デバイスを構成するＩＣチップ実装用基板と同様のもの等が挙げられる。このようなＩＣチップ実装用基板を用いることにより、上述した種々の効果を得ることができる。

〔０２３４〕第三の本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板としては、基板と導体回路とを含んで構成されており、さらに、少なくとも上記基板を貫通する光信号伝送用光路が形成されたものであれば特に限定されず、例えば、第二の本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板と同様のもの等が挙げられる。このような多層プリント配線板を用いることにより、上述した種々の効果を得ることができる。

〔０２３５〕具体的には、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板に光信号伝送用光路が形成されているため、ＩＣチップ実装用基板に光学素子を実装したり、多層プリント配線板に光導波路を形成したりする際に、光学素子の実装位置や光導波路の形成位置の自由度が高まることとなり、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板の高密度化をはかることができる。これは、ＩＣチップ実装用基板および多層プリント配線板の設計において、フリースペースが広がるからである。

【0236】また、上記ICチップ実装用基板および多層プリント配線板のそれぞれに形成された光信号伝送用光路を基準として、光学的処理や機械的処理により光学素子の実装位置や光導波路の形成位置の位置合わせを行うことができるため、正確に、かつ、所望の位置に光学素子や光導波路を実装することができる。さらに、上述したような構成の光信号伝送用光路は、熱処理工程や信頼性試験下において、熱等による悪影響が発生しにくい。

【0237】以下、第三の本発明の光通信用デバイスについて、図面を参照しながら説明する。図4は、第三の本発明の光通信用デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。なお、図4では、ICチップが実装された状態の光通信用デバイスを示す。

【0238】図4に示すように、第三の本発明の光通信用デバイス450は、ICチップ440を実装したICチップ実装用基板420と多層プリント配線板400とから構成され、ICチップ実装用基板420と多層プリント配線板400とは、半田接続部441を介して電気的に接続されている。

【0239】また、光通信用デバイス450では、ICチップ実装用基板420に、これを貫通する光信号伝送用光路451が形成されており、この光信号伝送用光路451は、その壁面の一部に金属層451bが形成されており、さらに、その内部の一部には光路用樹脂層451aが形成されている。このICチップ実装用基板420の構成は、図1に示したICチップ実装用基板220の構成と同一である。

【0240】また、多層プリント配線板400には、基板401と層間絶縁層402とソルダーレジスト層414とを貫通する光信号伝送用光路461が形成されており、この光信号伝送用光路461を介して、光導波路419と受光素子438や発光素子439との間で光信号の伝送を行うことができるように構成されている。この光信号伝送用光路461は、その壁面の一部に金属層461bが形成されており、さらに、その内部の一部には光路用樹脂層461aが形成されている。この多層プリント配線板400の構成は、図2に示した多層プリント配線板300の構成と同一である。この光通信用デバイス450では、受光素子438や発光素子439と光導波路419とが、ICチップ実装用基板420に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路451と、多層プリント配線板400に形成された基板401と層間絶縁層402とソルダーレジスト層414とを貫通する光信号伝送用光路461とを介して光信号の伝送を行うことができる。また、第三の本発明の光通信用デバイスの実施形態は、図4に示す形態に限定されるものではなく、例えば、図5、6に示すような形態であってもよい。

【0241】図5に示すICチップ実装用基板550で

は、受光素子538がICチップ実装用基板520の多層プリント配線板500と対向する側の面に実装されており、発光素子539が多層プリント配線板500と対向する側の面と反対側の面に実装されている。また、発光素子539が多層プリント配線板500に形成された光導波路との間で光信号の伝送を行うことができるように、ICチップ実装用基板520を貫通する光信号伝送用光路551が形成されている。光信号伝送用光路551は、その壁面の一部に金属層551bが形成され、その内部の一部に光路用樹脂層551aが充填されている。

【0242】また、多層プリント配線板500には、光導波路が形成されており、受光素子538との間で光信号を伝送するための光導波路518aが、基板501を挟んでICチップ実装用基板520に近い側の最外層の層間絶縁層502上に形成されており、発光素子539との間で光信号を伝送するための光導波路518bは、基板501を挟んでICチップ実装用基板520と反対側の最外層の層間絶縁層502上に形成されている。さらに、多層プリント配線板500には、発光素子539と光導波路518bとの間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路561が形成されている。光信号伝送用光路561は、基板501と層間絶縁層502とソルダーレジスト層514とを貫通するように形成されており、その壁面の一部には金属層561bが形成され、その内部の一部には光路用樹脂層561aが充填されている。

【0243】この光通信用デバイス550では、発光素子539と光導波路519bとが、ICチップ実装用基板520に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路551と、多層プリント配線板500に形成された基板501と層間絶縁層502とソルダーレジスト層514とを貫通する光信号伝送用光路561とを介して光信号の伝送を行うことができる。なお、受光素子538と光導波路519aとは、多層プリント配線板500のソルダーレジスト層に形成された光路用開口511aを介して光信号を伝送することができる。

【0244】また、図6に示す光通信用デバイス650では、ICチップ実装用基板620の多層プリント配線板600と対向する側の面と反対側の面に受光素子638が実装されており、発光素子639が多層プリント配線板600と対向する側の面に実装されている。また、受光素子638が多層プリント配線板600に形成された光導波路618aとの間で光信号の伝送を行うことができるように、ICチップ実装用基板620を貫通する光信号伝送用光路651が形成されている。この光信号伝送用光路651は、その壁面の一部に金属層651bが形成されており、その内部の一部に光路用樹脂層651aが充填されている。

【0245】また、多層プリント配線板600には、光



導波路619が形成されており、受光素子638との間で光信号を伝送するための光導波路618aは、基板601を挟んでICチップ実装用基板620に近い側の最外層の層間絶縁層上に形成されており、発光素子639との間で光信号を伝送するための光導波路618bは、基板601を挟んでICチップ実装用基板620と反対側の最外層の層間絶縁層上に形成されている。さらに、多層プリント配線板600には、発光素子639と光導波路618bとの間で光信号を伝送するための光信号伝送用光路651が形成されている。光信号伝送用光路661は、基板601と層間絶縁層602とソルダーレジスト層614とを貫通するように形成されており、その壁面の一部には金属層661bが形成され、その内部の一部には光路用樹脂層661aが充填されている。

【0246】この光通信用デバイス650では、発光素子639と光導波路619bとが、多層プリント配線板600に形成された基板601と層間絶縁層602とソルダーレジスト層614を貫通する光信号伝送用光路661を介して光信号の伝送を行うことができる。また、受光素子638と光導波路619aとは、ICチップ実装用基板620に形成された、これを貫通する光信号伝送用光路651を介して光信号を伝送することができる。

【0247】なお、上述したように、第三の本発明の光通信用デバイスの実施形態は、図4～6に示した形態に限定されるわけではなく、受光素子や発光素子の実装位置、光導波路の形成位置、光信号伝送用光路を形成するか否かを適宜選択して組み合わせた形態であればよい。

【0248】なお、図4～6に示した多層プリント配線板における光導波路の形成位置は、最外層の層間絶縁層上であるが、第三の本発明の光通信用デバイスを構成する多層プリント配線板において、光導波路の形成位置はここに限定されるわけではなく、層間絶縁層同士の間であってもよいし、基板上であってもよい。

【0249】なお、第三の本発明の光通信用デバイスにおける光信号伝送用光路、光学素子、光導波路等の材質等は、第一の本発明の光通信用デバイスのものとはほぼ同様であるため、その説明については省略することとする。このような構成からなる第三の本発明の光通信用デバイスは、例えば、後述する第六の本発明の光通信用デバイスの製造方法を用いて製造することができる。

【0250】次に、第六の本発明の光通信用デバイスの製造方法について説明する。第六の本発明の光通信用デバイスの製造方法は、(a)基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、(b)上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、(c)上記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、(d)上記貫通孔を介して光信号を伝送することができる位置に光学素子を実装する光学素子実装工程とを含む方法を用

いてICチップ実装用基板を製造し、これとは別に、

(A)基板の両面に導体回路と層間樹脂絶縁層とを積層形成し、多層配線板とする多層配線板製造工程と、

(B)上記多層配線板に貫通孔を形成する貫通孔形成工程と、(C)上記貫通孔の壁面に光沢を有する金属層を形成する金属層形成工程と、(D)上記貫通孔を介して光信号を伝送することができる位置に光導波路を形成する光導波路形成工程とを含む方法を用いて多層プリント配線板を製造した後、上記ICチップ実装用基板の光学素子と上記多層プリント配線板の光導波路との間で、光信号の伝送ができる位置に両者を配置、固定することを特徴とする。

【0251】第六の本発明の光通信用デバイスの製造方法により製造した光通信用デバイスを構成するICチップ実装用基板および多層プリント配線板には、それぞれその一部または全部に光沢を有する金属層が形成され、該金属層が、上記光信号伝送用光路内を伝送する光信号を好適に反射させることができるため、上記光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たることで減衰されたり、吸収されたりしにくく、光信号伝送用光路内を伝送する光信号に損失が発生しにくいため、光信号の伝送の信頼性が高く、正確な光通信を実現することができるものである。したがって、第六の本発明の光通信用デバイスの製造方法によると、実装した光学部品間の接続損失が低く、接続信頼性に優れた光通信用デバイスを製造することができる。上記光通信用デバイスを製造する場合もまた、第四の本発明の光通信用デバイスの製造方法と同様、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを別々に製造し、その後、両者を半田等を介して接続することにより製造することができる。従って、ここでは、まず、ICチップ実装用基板と多層プリント配線板とのそれぞれを製造する方法について説明し、その後、両者を接続する方法について説明する。

【0252】上記ICチップ実装用基板を製造する方法としては、例えば、第四の本発明の光通信用デバイスの製造方法におけるICチップ実装用基板を製造する方法と同様の方法等を用いることができる。上記ICチップ実装用基板を形成する場合、ソルダーレジスト層の形成は、必要に応じて行えばよい。

【0253】上記多層プリント配線板を製造する方法としては、例えば、第五の本発明の光通信用デバイスの製造方法における多層プリント配線板を製造する方法と同様の方法等を用いることができる。上記多層プリント配線板を形成する場合、ソルダーレジスト層の形成は、必要に応じて行えばよい。

【0254】次に、上記した方法で製造したICチップ実装用基板と多層プリント配線板とを接続し、光通信用デバイスを製造する。具体的には、第四の本発明の光通信用デバイスを製造方法で用いた方法と同様の方法等を用いて行えばよい。

(0255) なお、第四～第六の本発明の光通信デバイス製造方法で実装されるICチップは、ワイヤボンディングにより実装されるものであってもよいし、フリップチップ接続により実装されるものであってもよいが、フリップチップ接続により実装されるものであることが望ましい。

(0256)

【実施例】以下、本発明をさらに詳細に説明する。

(実施例1)

#### A. ICチップ実装用基板の作製

##### A-1. 層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムの作製

ビスフェノールA型エポキシ樹脂(エポキシ当量469、油化シェルエポキシ社製エピコート1001)30重量部、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂(エポキシ当量215、大日本インキ化学工業社製 エピクロンN-673)40重量部、トリアジン構造含有フェノールノボラック樹脂(フェノール性水酸基当量120、大日本インキ化学工業社製 フェノライトKA-7052)30重量部をエチルジグリコールアセテート20重量部、ソルベントナフサ20重量部に攪拌しながら加熱溶解させ、そこへ末端エポキシ化ポリブタジエンゴム(ナガセ化成工業社製 デナレックスR-45EPT)15重量部と2-フェニル-4,5-ビス(ヒドロキシメチル)イミダゾール粉砕品1.5重量部、微粉砕シリカ2重量部、シリコン系消泡剤0.5重量部を添加しエポキシ樹脂組成物を調製した。得られたエポキシ樹脂組成物を厚さ38μmのPETフィルム上に乾燥後の厚さが50μmとなるようにロールコーターを用いて塗布した後、80～120℃で10分間乾燥させることにより、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

【0257】A-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製  
ビスフェノールF型エポキシモノマー(油化シェル社製、分子量:310、YL983U)100重量部、表面にシランカップリング剤がコーティングされた平均粒径が1.6μmで、最大粒子の直径が15μm以下のSiO<sub>2</sub>球状粒子(アドテック社製、CRS 1101-CE)170重量部およびレベリング剤(サンノブコ社製 ベレノールS4)1.5重量部を容器にとり、攪拌混合することにより、その粘度が23±1℃で45～49Pa・sの樹脂充填材を調製した。なお、硬化剤として、イミダゾール硬化剤(四国化成社製、2E4MZ-CN)6.5重量部を用いた。

##### 【0258】A-3. ICチップ実装用基板の製造

(1) 厚さ0.8mmのガラスエポキシ樹脂またはBT(ビスマレイミドトリアジン)樹脂からなる絶縁性基板21の両面に18μmの銅箔28がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした(図7(a)参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板21の両面に導体回路24とスルーホール29とを形成

した(図7(b)参照)。

【0259】(2) スルーホール29と導体回路24とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、NaOH(10g/l)、NaClO<sub>2</sub>(40g/l)、Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>(6g/l)を含む水溶液を黒化浴(酸化浴)とする黒化処理、および、NaOH(10g/l)、NaBH<sub>4</sub>(6g/l)を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行い、スルーホール29を含む導体回路24の表面に粗化面(図示せず)を形成した。

10 【0260】(3) 上記A-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール29内および基板21の片面の導体回路非形成部と導体回路24の外縁部とに樹脂充填材30'の層を形成した。すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材30'の層を形成した(図7

(c)参照)。

【0261】(4) 上記(3)の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路24の表面やスルーホール29のランド表面に樹脂充填材30'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層30を形成した。

【0262】このようにして、スルーホール29や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材30の表層部および導体回路24の表面を平坦化し、樹脂充填材30と導体回路24の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール29の内壁面と樹脂充填材30とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た(図7(d)参照)。この工程により、樹脂充填材層30の表面と導体回路24の表面とが同一平面となる。

40 【0263】(5) 上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路24の表面とスルーホール29のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路24の全表面に粗化面(図示せず)を形成した。エッチング液として、イミダゾール銅(II)錯体10重量部、グリコール酸7重量部、塩化カリウム5重量部を含むエッチング液(メック社製、メックエッチボンド)を使用した。

【0264】(6) 次に、上記A-1で作製した基板より少し大きめの層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上



に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空ラミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間樹脂絶縁層22を形成した(図7(e)参照)。すなわち、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

〔0265〕(7)次に、層間樹脂絶縁層22上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4μmのCO<sub>2</sub>ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0μ秒、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間樹脂絶縁層22に、直径80μmのバイアホール用開口26を形成した(図8(a)参照)。

〔0266〕(8)バイアホール用開口26を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間樹脂絶縁層22の表面に存在す\*

〔無電解めっき水溶液〕

NiSO <sub>4</sub>	0.003 mol/l
酒石酸	0.200 mol/l
硫酸銅	0.030 mol/l
HCHO	0.050 mol/l
NaOH	0.100 mol/l
α、α'-ピピリジル	100 mg/l
ポリエチレングリコール(PEG)	0.10 g/l

〔無電解めっき条件〕

30℃の液温度で40分

〔0270〕(11)次に、無電解銅めっき膜32が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、100mJ/cm<sup>2</sup>で露光し、0.8%炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ20μmのめっきレジスト23を設けた(図8(c)参照)。

〔0271〕(12)ついで、基板を50℃の水で洗浄して脱脂し、25℃の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト23非形成部に、厚さ20μmの電解銅めっき膜33を形成した(図8(d)参照)。

〔0272〕〔電解めっき液〕

硫酸	2.24 mol/l
硫酸銅	0.26 mol/l
添加剤	19.5 ml/l

(アトテックジャパン社製、カバラシドGL)

〔電解めっき条件〕

電流密度	1 A/dm <sup>2</sup>
時間	65 分
温度	22±2 ℃

〔0273〕(13)さらに、めっきレジスト23を5%NaOHで剥離除去した後、めっきレジスト23下の

\*るエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口26の内壁面を含むその表面に粗化面(図示せず)を形成した。

〔0267〕(9)次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液(シブレイ社製)に浸漬してから水洗いした。さらに、粗面化処理(粗化深さ3μm)した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間樹脂絶縁層22の表面(バイアホール用開口26の内壁面を含む)に触媒核を付着させた(図示せず)。すなわち、上記基板を塩化パラジウム(PdCl<sub>2</sub>)と塩化第一スズ(SnCl<sub>2</sub>)とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

〔0268〕(10)次に、以下の組成の無電解銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層22の表面(バイアホール用開口26の内壁面を含む)に厚さ0.6~3.0μmの無電解銅めっき膜32を形成した(図8(b)参照)。

〔0269〕

無電解めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、無電解銅めっき膜32と電解銅めっき膜33とからなる厚さ18μmの導体回路25(バイアホール27を含む)を形成した(図9(a)参照)。

〔0274〕(14)さらに、上記(5)の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液を用いて、導体回路25の表面に粗化面(図示せず)を形成し、次いで、上記(6)~(8)の工程と同様にしてバイアホール用開口26を有し、その表面に粗化面(図示せず)が形成された層間樹脂絶縁層22を積層形成した(図9(b)参照)。その後、直径300μmのドリルを用いて、基板21および層間樹脂絶縁層22を貫通する光路用貫通孔46を形成し、さらに、光路用貫通孔46の壁面にデスミア処理を施した(図9(c)参照)。なお、光路用貫通孔を形成する際に使用するドリルの直径は、200~400μmが望ましく、本実施例では、直径が300μmのドリルを使用した。

〔0275〕(15)次に、上記(9)の工程で用いた方法と同様の方法で、光路用貫通孔46の壁面および層間樹脂絶縁層22の表面に触媒を付与し、さらに、上記(10)の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解

銅めっき水溶液中に、基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層22の表面（バイアホール用開口26の内壁面を含む）、および、光路用貫通孔46の壁面に薄膜導体層（無電解銅めっき膜）32を形成した（図10（a）参照）。

【0276】（16）次に、上記（11）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト38を層間樹脂絶縁層22の表面全体（光路用貫通孔46の壁面に形成した薄膜導体層32部分を除く）に設け、シアン化金カリウム（ $7.6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ ）、塩化アンモニウム（ $1.9 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ ）、クエン酸ナトリウム（ $1.2 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ ）、次亜リン酸ナトリウム（ $1.7 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ ）を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して光路用貫通孔46の壁面に金属層（金めっき層）45を形成した。その後、めっきレジスト38を5%NaOHで剥離除去した。

【0277】（17）次に、上記（11）の工程で用いた方法と同様の方法で、金属層45を形成した光路用貫通孔の端面部分を含む部分にめっきレジスト23を設け、さらに、上記（12）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト23非形成部に、厚さ20μmの電解銅めっき膜33を形成した（図10（b）参照）。

【0278】（18）次に、上記（13）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト23の剥離と、めっきレジスト23下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路25（バイアホール27を含む）を形成した。（図10（c）参照）。

【0279】（19）次に、スキージを用いて、金属層45が形成された光路用貫通孔46内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、光路用樹脂層42を形成した（図11（a）参照）。さらに、上記（2）の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、導体回路25の表面を粗化面（図示せず）とした。

【0280】（20）次に、ジエチレングリコールジメチルエーテル（DMDG）に60重量%の濃度になるように溶解させた、クレゾールノボラック型エポキシ樹脂（日本化薬社製）のエポキシ基50%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー（分子量：4000）46.67重量部、メチルエチルケトンに溶解させた80重量%のビスフェノールA型エポキシ樹脂（油化シェル社製、商品名：エビコート1001）15.0重量部、イミダゾール硬化剤（四国化成社製、商品名：2E4MZ-CN）1.6重量部、感光性モノマーである2官能アクリルモノマー（日本化薬社製、商品名：R604）4.5重量部、同じく多価アクリルモノマー（共栄化学社製、商品名：DPE6A）1.5重量部、分散系消泡剤（サンプロコ社製、S-65）0.71重量部を容器にと

り、攪拌、混合して混合組成物を調製し、この混合組成物に対して光重合開始剤としてベンゾフェノン（関東化学社製）2.0重量部、光増感剤としてのミヒラーケトン（関東化学社製）0.2重量部、を加えることにより、粘度を25℃で2.0Pa・sに調整した溶剤レジスト組成物を得た。なお、粘度測定は、B型粘度計（東京計器社製、DVL-B型）で60min<sup>-1</sup>（rpm）の場合はローターNo. 4、6min<sup>-1</sup>（rpm）の場合はローターNo. 3によった。

【0281】（21）次に、層間樹脂絶縁層22と導体回路25（バイアホール27を含む）とを形成した基板の両面に、上記溶剤レジスト組成物を30μmの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、溶剤レジスト組成物の層34'を形成した（図11（b）参照）。

【0282】（22）次いで、光路用開口と半田パンプ形成用開口（ICチップ実装用開口および光学素子実装用開口）とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをICチップ実装側の溶剤レジスト組成物の層34'に密着させて1000mJ/cm<sup>2</sup>の紫外線で露光し、DMTG溶液で現像処理し、開口を形成した。そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行って溶剤レジスト層を硬化させ、光路用開口31と半田パンプ形成用開口35とを有し、その厚さが20μmの溶剤レジスト層34を形成した。また、他方の溶剤レジスト組成物の層には、半田パンプ形成用開口（多層プリント配線板接続用開口）のパターンが描画されたフォトマスクを密着させ、上記した露光現像条件と同様の条件で露光現像処理を施すことにより、多層プリント配線板と接続するための半田パンプ形成用開口35を形成した（図12（a）参照）。

【0283】（23）次に、上記（22）の工程で形成した光路用開口内に、上記（19）の工程で充填したエポキシ樹脂を含む樹脂組成物と同様の樹脂組成物をスキージを用いて充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、光路用樹脂層42を形成した。なお、本工程および上記（19）の工程で形成した光路用樹脂層は、透過率が85%であり、屈折率が1.60である。

【0284】（24）次に、溶剤レジスト層34を形成した基板を、塩化ニッケル（ $2.3 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ ）、次亜リン酸ナトリウム（ $2.8 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ ）、クエン酸ナトリウム（ $1.6 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ ）を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して、半田パンプ形成用開口35と光学素子実装用開口31に厚さ5μmのニッケルめっき層を形成した。さらに、その基板をシアン化金カリウム（ $7.6 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ ）、塩化アンモニウム（ $1.9 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ ）、クエン酸ナトリウム

( $1.2 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ )、次亜リン酸ナトリウム( $1.7 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$ )を含む無電解金めっき液に80℃の条件で7.5分間浸漬して、ニッケルめっき層上に、厚さ0.03  $\mu\text{m}$ の金めっき層を形成し、半田パッド36とした。

【0285】(25)次に、ソルダーレジスト層34に形成した半田パンプ形成用開口35に半田ペーストを印刷し、さらに、光学素子実装用開口に印刷した半田ペーストに、受光素子38および発光素子39を、それぞれの受光部38aおよび発光部39aの位置合わせを行いながら取り付け、200℃でリフローすることにより、受光素子38および発光素子39を半田を介して実装するとともに、ICチップ実装用開口および多層プリント配線板実装用開口に半田パンプ37を形成し、ICチップ実装用基板とした(図12(b)参照)。なお、受光素子38としては、InGaAsからなるものを用い、発光素子39としては、InGaAsPからなるものを用いた。

【0286】B. 多層プリント配線板の作製

B-1. 層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムの作製

A-1で用いた方法と同様の方法を用いて層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを作製した。

B-2. 貫通孔充填用樹脂組成物の調製

A-2で用いた方法と同様の方法を用いて貫通孔充填用樹脂組成物を作製した。

【0287】B-3. 多層プリント配線板の製造

(1)厚さ0.6mmのガラスエポキシ樹脂またはBT樹脂からなる絶縁性基板1の両面に18  $\mu\text{m}$ の銅箔4'がラミネートされている銅張積層板を出発材料とした

(図13(a)参照)。まず、この銅張積層板をドリル削孔し、無電解めっき処理を施し、パターン状にエッチングすることにより、基板1の両面に導体回路4とスルーホール9とを形成した(図13(b)参照)。

【0288】(2)スルーホール9と導体回路4とを形成した基板を水洗いし、乾燥した後、エッチング液(メック社製、メックエッチボンド)をスプレーで吹き付け、スルーホール9を含む導体回路4の表面に粗化面(図示せず)を形成した。

【0289】(3)上記B-2に記載した樹脂充填材を調製した後、下記の方法により調製後24時間以内に、スルーホール9内および基板1の片面の導体回路非形成部と導体回路4の外縁部とに樹脂充填材10'の層を形成した。すなわち、まず、スキージを用いてスルーホール内に樹脂充填材を押し込んだ後、100℃、20分の条件で乾燥させた。次に、導体回路非形成部に相当する部分が開口したマスクを基板上に載置し、スキージを用いて凹部となっている導体回路非形成部にも樹脂充填材を充填し、100℃、20分の条件で乾燥させることにより樹脂充填材10'の層を形成した(図13(c)参照)。

【0290】(4)上記(3)の処理を終えた基板の片面を、#600のベルト研磨紙(三共理化学社製)を用いたベルトサンダー研磨により、導体回路4の表面やスルーホール9のランド表面に樹脂充填材10'が残らないように研磨し、次いで、上記ベルトサンダー研磨による傷を取り除くためのバフ研磨を行った。このような一連の研磨を基板の他方の面についても同様に行った。次いで、100℃で1時間、120℃で3時間、150℃で1時間、180℃で7時間の加熱処理を行って樹脂充填材層10を形成した。

【0291】このようにして、スルーホール9や導体回路非形成部に形成された樹脂充填材10の表面層および導体回路4の表面を平坦化し、樹脂充填材10と導体回路4の側面とが粗化面を介して強固に密着し、また、スルーホール9の内壁面と樹脂充填材10とが粗化面を介して強固に密着した絶縁性基板を得た(図13(d)参照)。この工程により、樹脂充填材層10の表面と導体回路4の表面とが同一平面となる。

【0292】(5)上記基板を水洗、酸性脱脂した後、ソフトエッチングし、次いで、エッチング液を基板の両面にスプレーで吹き付けて、導体回路4の表面とスルーホール9のランド表面とをエッチングすることにより、導体回路4の全表面に粗化面(図示せず)を形成した。なお、エッチング液としては、メック社製、メックエッチボンドを使用した。

【0293】(6)次に、上記B-1で作製した基板より少し大きめの層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に載置し、圧力0.4MPa、温度80℃、圧着時間10秒の条件で仮圧着して裁断した後、さらに、以下の方法により真空中ミネータ装置を用いて貼り付けることにより層間樹脂絶縁層2を形成した(図13(e)参照)。すなわち、層間樹脂絶縁層用樹脂フィルムを基板上に、真空度65Pa、圧力0.4MPa、温度80、時間60秒の条件で本圧着し、その後、170℃で30分間熱硬化させた。

【0294】(7)次に、層間樹脂絶縁層2上に、厚さ1.2mmの貫通孔が形成されたマスクを介して、波長10.4  $\mu\text{m}$ のCO<sub>2</sub>ガスレーザにて、ビーム径4.0mm、トップハットモード、パルス幅8.0  $\mu\text{s}$ 、マスクの貫通孔の径1.0mm、1ショットの条件で層間樹脂絶縁層2に、直径80  $\mu\text{m}$ のバイアホール用開口6を形成した(図14(a)参照)。

【0295】(8)バイアホール用開口6を形成した基板を、60g/lの過マンガン酸を含む80℃の溶液に10分間浸漬し、層間樹脂絶縁層2の表面に存在するエポキシ樹脂粒子を溶解除去することにより、バイアホール用開口6の内壁面を含むその表面に粗化面(図示せず)を形成した。

【0296】(9)次に、上記処理を終えた基板を、中和溶液(シブレイ社製)に浸漬してから水洗いした。さ

らに、粗化面処理（粗化深さ $3\mu\text{m}$ ）した該基板の表面に、パラジウム触媒を付与することにより、層間樹脂絶縁層2の表面（バイアホール用開口6の内壁面を含む）に触媒核を付着させた（図示せず）。すなわち、上記基板を塩化パラジウム（ $\text{PdCl}_2$ ）と塩化第一スズ（ $\text{SnCl}_2$ ）とを含む触媒液中に浸漬し、パラジウム金属を析出させることにより触媒を付与した。

【0297】（10）次に、基板を無電解銅めっき水溶液中に浸漬し、層間樹脂絶縁層2の表面（バイアホール用開口6の内壁面を含む）に厚さ $0.6\sim 3.0\mu\text{m}$ の無電解銅めっき膜12を形成した（図14（b）参照）。なお、使用した無電解めっき水溶液、および、無電解めっき条件は、ICチップ実装用基板の製造工程の（10）と同様である。

【0298】（11）次に、無電解銅めっき膜12が形成された基板に市販の感光性ドライフィルムを張り付け、マスクを載置して、 $100\text{mJ}/\text{cm}^2$ で露光し、 $0.8\%$ 炭酸ナトリウム水溶液で現像処理することにより、厚さ $20\mu\text{m}$ のめっきレジスト3を設けた（図14（c）参照）。

【0299】（12）ついで、基板を $50^\circ\text{C}$ の水で洗浄して脱脂し、 $25^\circ\text{C}$ の水で水洗後、さらに硫酸で洗浄してから、以下の条件で電解めっきを施し、めっきレジスト3非形成部に、厚さ $20\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜13を形成した（図14（d）参照）。なお、使用した電解めっき液、および、電解めっき条件は、ICチップ実装用基板の製造工程の（12）と同様である。

【0300】（13）さらに、めっきレジスト3を $5\%$ NaOHで剥離除去した後、めっきレジスト3下の無電解めっき膜を硫酸と過酸化水素との混合液でエッチング処理して溶解除去し、無電解銅めっき膜12と電解銅めっき膜13とからなる厚さ $18\mu\text{m}$ の導体回路5（バイアホール7を含む）を形成した（図15（a）参照）。

【0301】（14）さらに、上記（5）の工程で用いたエッチング液と同様のエッチング液を用いて、導体回路5の表面に粗化面（図示せず）を形成し、次いで、上記（6）～（8）の工程と同様にしてバイアホール用開口6を有し、その表面に粗化面（図示せず）が形成された層間樹脂絶縁層2を積層形成した（図15（b）参照）。その後、直径 $300\mu\text{m}$ のドリルを用いて、基板1および層間樹脂絶縁層2を貫通する光路用貫通孔8を形成し、さらに、光路用貫通孔8の壁面にデスミア処理を施した（図15（c）参照）。なお、光路用貫通孔を形成する際に使用するドリルの直径は、 $200\sim 400\mu\text{m}$ が望ましく、本実施例では、直径が $300\mu\text{m}$ のドリルを使用した。

【0302】（15）次に、上記（9）の工程で用いた方法と同様の方法で、光路用貫通孔8の壁面および層間樹脂絶縁層2の表面に触媒を付与し、さらに、上記（10）の工程で用いた無電解めっき液と同様の無電解銅め

っき水溶液中に、基板を浸漬し、層間樹脂絶縁層2の表面（バイアホール用開口6の内壁面を含む）、および、光路用貫通孔8の壁面に薄膜導体層（無電解銅めっき膜）12を形成した。

【0303】（16）次に、上記（11）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト18を層間樹脂絶縁層2の表面全体（光路用貫通孔8の壁面に形成した薄膜導体層12部分を除く）に設け、シアニ化金カリウム（ $7.6\times 10^{-3}\text{mol}/\text{l}$ ）、塩化アンモニウム（ $1.9\times 10^{-1}\text{mol}/\text{l}$ ）、クエン酸ナトリウム（ $1.2\times 10^{-1}\text{mol}/\text{l}$ ）、次亜リン酸ナトリウム（ $1.7\times 10^{-1}\text{mol}/\text{l}$ ）を含む無電解金めっき液に $80^\circ\text{C}$ の条件で7.5分間浸漬して光路用貫通孔8の壁面に金属層（金めっき層）16を形成した（図16（a）参照）。その後、めっきレジスト18を $5\%$ NaOHで剥離除去した。

【0304】（17）次に、上記（11）の工程で用いた方法と同様の方法で、金属層16を形成した光路用貫通孔の端面部分を含む部分にめっきレジスト3を設け、さらに、上記（12）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト3非形成部に、厚さ $20\mu\text{m}$ の電解銅めっき膜13を形成した（図16（b）参照）。

【0305】（18）次に、上記（13）の工程で用いた方法と同様の方法で、めっきレジスト3の剥離と、めっきレジスト3下の薄膜導体層の除去とを行い、導体回路5（バイアホール7を含む）を形成した。（図16（c）参照）。

【0306】（19）次に、スキージを用いて、金属層16が形成された光路用貫通孔8内にエポキシ樹脂を含む樹脂組成物を充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、光路用樹脂層20を形成した（図17（a）参照）。さらに、上記（2）の工程で用いた方法と同様の方法で、酸化還元処理を行い、導体回路5の表面を粗化面（図示せず）とした。

【0307】（20）次に、層間樹脂絶縁層2および光路用樹脂層20表面の所定の位置に、以下の方法を用いて光路交換ミラー19（19a、19b）を有する光導波路18（18a、18b）を形成した。すなわち、予め、その一端に先端がV形 $90^\circ$ のダイヤモンドソーを用いて $45^\circ$ 光路交換ミラー19を形成しておいたPMMAからなるフィルム状の光導波路（マイクロパーツ社製：幅 $25\mu\text{m}$ 、厚さ $25\mu\text{m}$ ）を、光交換ミラー非形成側の他端の側面と層間樹脂絶縁層の側面とが揃うように貼り付けた。なお光導波路の貼り付けは、該光導波路の層間樹脂絶縁層との接着面に熱硬化性樹脂からなる接着剤を厚さ $10\mu\text{m}$ に塗布しておき、圧着後、 $60^\circ\text{C}$ で1時間硬化させることにより行った。なお、本実施例では、 $60^\circ\text{C}/1$ 時間の条件で硬化を行ったが、場合によってはステップ硬化をおこなってもよい。貼り付け時に

10

20

30

40

50

光導波路により応力が発生しにくいからである。

【0308】(21)次に、ICチップ実装用基板の製造工程の(20)と同様の方法により、ソルダーレジスト組成物を調整し、層間樹脂絶縁層2と導体回路5(バイアホール7を含む)とを形成した基板の両面に、上記ソルダーレジスト組成物を30μmの厚さで塗布し、70℃で20分間、70℃で30分間の条件で乾燥処理を行い、ソルダーレジスト組成物の層14'を形成した(図17(b)参照)。

【0309】(22)次いで、基板の片面に、半田パン  
10 プ形成用開口(パッケージ基板と接続するための開口)と光路用開口とのパターンが描画された厚さ5mmのフォトマスクをソルダーレジスト層に密着させて1000mJ/cm<sup>2</sup>の紫外線で露光し、DMTG浴液で現像処理を施すことにより開口を形成した。そして、さらに、80℃で1時間、100℃で1時間、120℃で1時間、150℃で3時間の条件でそれぞれ加熱処理を行ってソルダーレジスト層を硬化させ、光路用開口11と半田パン  
20 プ形成用開口15とを有し、その厚さが20μmのソルダーレジスト層14を形成した(図18(a)参照)。

【0310】(23)次に、上記(22)の工程で形成した光路用開口内に、上記(19)の工程で充填したエポキシ樹脂を含む樹脂組成物と同様の樹脂組成物をスキージを用いて充填し、乾燥させた後、バフ研磨によりその表層を平坦化した。さらに、硬化処理を施し、光路用樹脂層20を形成した。なお、本工程および上記(19)の工程で形成した光路用樹脂層は、透過率が85%であり、屈折率が1.60である。

【0311】(24)次に、ICチップ実装用基板の製造工程の(24)の工程と同様にして、ニッケルめっき層と金めっき層とを形成し、半田パッドとした。

【0312】(25)次に、ソルダーレジスト層14に形成した半田パン  
30 プ形成用開口15に半田ペーストを印刷し、200℃でリフローすることにより半田パン  
40 プ形成用開口15に半田パン  
50 プ17を形成し、多層プリント配線板とした(図18(b)参照)。

【0313】C. IC実装光通信デバイスの製造  
まず、上記Aの工程を経て製造したICチップ実装用基板に、ICチップを実装し、その後、樹脂封止を行い、ICチップ実装基板を得た。次に、このICチップ実装基板と上記Bの工程を経て製造した多層プリント配線板とを所定の位置に対向配置させ、200℃でリフローすることにより両基板の半田パン  
50 プ同士を接続して半田接続部を形成し、光通信デバイスとした(図4参照)。なお、図4に示した光通信デバイスでは、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とその周囲の金属層とにより構成されているが、本実施例で製造した光通信デバイスは、光信号伝送用光路が樹脂組成物とその周囲の金属層とにより構成されている。

【0314】(実施例2)実施例1のAの(16)およびBの(16)の工程で無電解銅めっき膜上に形成した金めっき層に代えて、AgCN(5g/l)、KCN(60g/l)、K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(15g/l)を含む電解銀めっき液に温度25℃、電流密度1.0A/dm<sup>2</sup>の条件で8分間浸漬して光路用貫通孔の壁面に金属層(銀めっき層)を形成した。そして、実施例1のAの(19)、(23)の工程で光路用樹脂層42を形成せず、Bの(19)、(23)の工程で光路用樹脂層20を形成しなかった以外は実施例1と同様にして光通信デバイスを製造した。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板および多層プリント配線板では、光信号伝送用光路が空隙とその周囲の金属層とにより構成されることとなる。

【0315】(実施例3)実施例1のAの(16)およびBの(16)の工程で無電解銅めっき膜上に形成した金めっき層に代えて、塩化ニッケル(2.3×10<sup>-1</sup>mol/l)、次亜リン酸ナトリウム(2.8×10<sup>-1</sup>mol/l)、クエン酸ナトリウム(1.6×10<sup>-1</sup>mol/l)を含むpH=4.5の無電解ニッケルめっき液に20分間浸漬して光路用貫通孔の壁面に金属層(ニッケルめっき層)を形成した。そして、実施例1のAの(23)の工程で、光路用開口内に樹脂組成物を充填する工程を行わず、Bの(23)の工程で光路用開口内に樹脂組成物を充填しなかった以外は実施例1と同様にして光通信デバイスを製造した。なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板および多層プリント配線板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とその周囲の金属層とにより構成されることとなる(図4参照)。

【0316】(実施例4)半田接続部を介して接続したICチップ実装用基板と多層プリント配線板との間に、封止用樹脂組成物を充填し、その後、硬化処理を施すことにより封止樹脂層を形成した以外は、実施例1と同様にして、光通信デバイスを製造した。なお、封止用樹脂組成物としては、エポキシ樹脂を含む樹脂組成物を用いた。また、形成した封止樹脂層は、透過率が85%であり、屈折率が1.60であった。

【0317】(実施例5)実施例1のAの(16)の工程で無電解銅めっき膜上に形成した金めっき層に代えて、PtCl<sub>4</sub>・5H<sub>2</sub>O(4g/l)、NH<sub>4</sub>HPO<sub>4</sub>・12H<sub>2</sub>O(100g/l)、(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>(20g/l)を含む電解白金めっき液に温度60℃、電流密度1.0A/dm<sup>2</sup>の条件で10分間浸漬して光路用貫通孔の壁面に金属層(白金めっき層)を形成した以外は実施例1と同様にしてICチップ実装用基板を製造した後、実施例1のBの(14)～(19)、(22)、(23)の工程で、光信号伝送用光路を形成する工程を行わなかった以外は、実施例1と同様にして、光通信デバイスを製造した。

【0318】(実施例6) 実施例1のAの(23)の工程で、光路用開口内に樹脂組成物を充填しなかった以外は実施例5と同様にして光通信用デバイスを製造した。

なお、本実施例で製造したICチップ実装用基板では、光信号伝送用光路が樹脂組成物および空隙とその周囲の金属層とにより構成されることとなる(図1参照)。

【0319】(実施例7) 実施例1のAの(14)～(19)、(22)、(23)の工程で、光信号伝送用光路を形成する工程を行わず、実施例1のAの(22)の工程で、多層プリント配線板接続側のソルダーレジスト組成物の層に光学素子実装用開口のパターンが描画されたフォトマスクを密着させ、露光現像処理を施すことにより、光学素子実装用開口を形成した後、光学素子実装用開口に半田ペーストを印刷し、受光素子および発光素子を200℃でリフローすることにより、受光素子および発光素子を半田を介して実装した以外は、実施例1のAと同様にして、ICチップ実装用基板を製造した。そして、実施例1のBおよびCの工程を行うことにより、光通信用デバイスを製造した。

【0320】(実施例8) 実施例1のBの(19)、(23)の工程で、光路用開口内に樹脂組成物を充填しなかった以外は実施例7と同様にして光通信用デバイスを製造した。なお、本実施例で製造した多層プリント配線板では、光信号伝送用光路が空隙とその周囲の金属層とにより構成されることとなる。

【0321】(実施例9) 実施例1のAの(24)の工程を行った後、光路用樹脂層の多層プリント配線板と接続する側の端部に、下記の方法を用いてマイクロレンズを配設した以外は、実施例1と同様にして光通信用デバイスを製造した。すなわち、光路用樹脂層の端部にディスプレイペンサーを用いてエポキシ樹脂を滴下し、その後、硬化処理を施すことによりマイクロレンズを形成した。なお、ここで形成したマイクロレンズの透過率は92%であり、屈折率は1.62である。

【0322】(比較例1) 実施例1のAの(16)の工程およびBの(16)の工程で光路用貫通孔の壁面に金属層を形成せず、Aの(17)の工程およびBの(17)の工程で光路用貫通孔の壁面にも電解銅めっき膜を形成した後、該電解銅めっき膜上にNaOH(10g/l)、NaClO<sub>2</sub>(40g/l)、Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>(6g/l)を含む水溶液を黒化浴(酸化浴)とする黒化処理、および、NaOH(10g/l)、NaBH<sub>4</sub>(6g/l)を含む水溶液を還元浴とする還元処理を行ったほかは、実施例1と同様にして光通信用デバイスを製造した。

【0323】このようにして得られた実施例1～9、比較例1の光通信用デバイスについて、それぞれの光沢を有する金属層の分光反射率、光信号伝送用光路の長さ、光信号伝送用光路の断面の径、発光素子の発光角度等の設計値に基づき、受光素子に対向する光導波路の多層ブ

リント配線板の露出面から光信号を送った場合の光信号の光路をシミュレーションした結果、実施例1～9に係る光通信用デバイスでは、発光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板の露出面において、所望の光信号を受信することができ、本実施例1～9で製造した光通信用デバイスが、光通信用デバイスとして充分満足できる性能を有していることが明らかとなった。なお、実施例9では、マイクロレンズの曲率半径も設計値として考慮した。

【0324】一方、比較例1に係る光通信用デバイスにおいて、上記シミュレーションを行った結果、光信号伝送用光路の内部を伝送する光信号が光信号伝送用光路の壁面に当たった際に光の乱反射が起こり、光信号に損失が発生するため、発光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板の露出面において、所望の光信号を受信することができないことがあり、比較例1に係る光通信用デバイスが、光通信用デバイスとしての性能が不充分であることが明らかとなった。さらに、基板および層間樹脂絶縁層を貫通する光路用貫通孔を形成し、壁面にデスマリア処理を施した後、光路用貫通孔に樹脂組成物を充填したほかは比較例1と同様の光通信用デバイスについて、上記方法でシミュレーションした場合も、比較例1に係る光通信用デバイスと同様の結果となった。

【0325】なお、比較例1に係る光通信用デバイスにおいて、光信号伝送用光路を光信号が光信号伝送用光路の壁面にあたらないような長さに設定し、シミュレーションを行った場合には、発光素子に対向する光導波路の多層プリント配線板の露出面において、所望の光信号を受信することができた。

【0326】また、実施例1～9の光通信用デバイスに係るICチップ実装用基板に実装した発光素子と、この発光素子に対向する、多層プリント配線板に形成した光導波路との間での導波損失を下記の方法で測定したところ、その導波損失は小さく、十分に光信号を送ることができることが明らかとなった。上記導波損失の測定は、受光素子に対向する光導波路を通るように多層プリント配線板を刃物で切断し、光導波路の端面を露出させ、露出面に光ファイバを取り付け、受光素子に光ファイバを介してパワーメータを取り付けた後、露出面から測定波長が850nmの光信号を送り、光導波路および光信号伝送用光路を介して受光素子に伝送された光信号をパワーメータで検出することにより行った。

【0327】

【発明の効果】第一～第三の本発明の光通信用デバイスでは、上記したように、ICチップ実装用基板および多層プリント配線板のうちの少なくともいずれか一方に、その壁面の一部または全部に光沢を有する金属層が形成された光信号伝送用光路が配設され、この光沢を有する金属層は、上記光信号伝送用光路内を伝送する光信号を好適に反射させることができるため、上記光信号が光信



号伝送用光路の壁面に当たることによって減衰されたり、吸収されたりしにくい。従って、第一～第三の本発明の光通信デバイスによると、光信号伝送用光路内を伝送する光信号に損失が発生しにくく、光信号の伝送の信頼性が高く、正確な光通信を実現することができる。また、本発明の光通信デバイスでは、光信号伝送用光路が上述したような特徴を有するため、光信号が上記光信号伝送用光路で反射されるような設計であっても、好適に光信号の伝送を行うことができる。

【0328】また、第一～第三の本発明の光通信デバイスにおいて、ICチップ実装用基板の所定の位置に受光素子および発光素子が実装され、多層プリント配線板の所定の位置に光導波路が形成されるとともに、ICチップ実装用基板および多層プリント配線板のうちの少なくともいずれか一方に、上述した態様の光信号伝送用光路が形成されている場合には、実装した光学部品間の接続損失が低く、光通信デバイスとして接続信頼性に優れる。

【0329】第四～第六の本発明の光通信デバイスの製造方法では、光信号伝送用光路の壁面に光沢を有する金属層を形成する工程を含むため、光信号伝送用光路内を伝送する光信号に損失が発生することがなく、光信号の伝送の信頼性が高く、正確な光通信を実現することができる光通信デバイスを好適に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第一の本発明の光通信デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

【図2】第一の本発明の光通信デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図3】第二の本発明の光通信デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

【図4】第三の本発明の光通信デバイスの一実施形態を模式的に示す断面図である。

【図5】第三の本発明の光通信デバイスの別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図6】第三の本発明の光通信デバイスのさらに別の実施形態を模式的に示す断面図である。

【図7】第四および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図8】第四および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図9】第四および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図10】第四および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図11】第四および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図12】第四および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図13】第五および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図14】第五および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図15】第五および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図16】第五および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図17】第五および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【図18】第五および第六の本発明の光通信デバイスの製造方法の一部を模式的に示す断面図である。

【符号の説明】

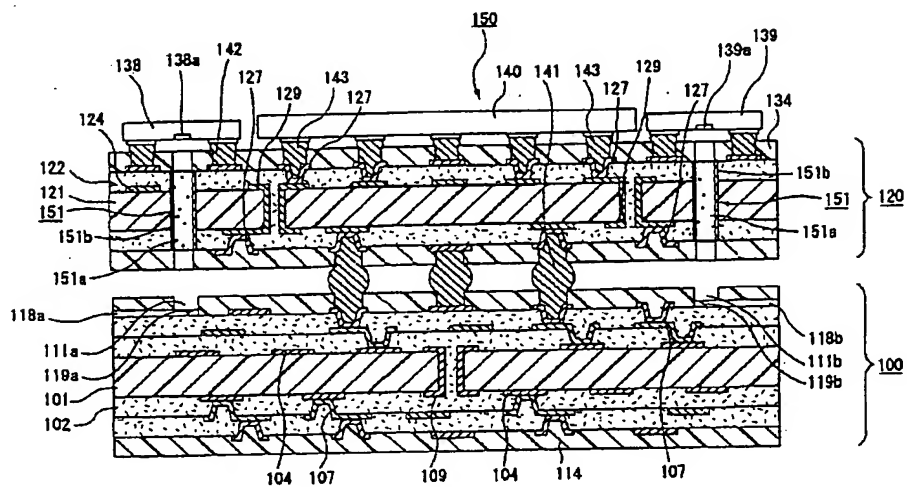
100、200、300、400、500、600 多層プリント配線板  
101、201、301、401、501、601 基板  
102、202、302、402、502、602 層間樹脂絶縁層  
104、204、304、404、504、604 導体回路  
107、207、307、407、507、607 バイアホール  
208、361、461、561、661 光信号伝送用光路  
208a、361a、461a、561a、661a 光路用樹脂層  
208b、361b、461b、561b、661b 金属層  
109、209、309、409、509、609 スルーホール  
111、211 光路用開口  
114、214、314、414、514、614 ソルダーレジスト層  
118、218、318、418、518、618 光導波路  
119、219、319、419、519、619 光変換用ミラー  
120、220、320、420、520、620 ICチップ実装用基板  
121、221、321、421、521、621 基板  
122、222、322、422、522、622 層間樹脂絶縁層  
124、224、324、424、524、624 導体回路  
127、227、327、427、527、627 バイアホール  
129、229、329、429、529、629 スルーホール



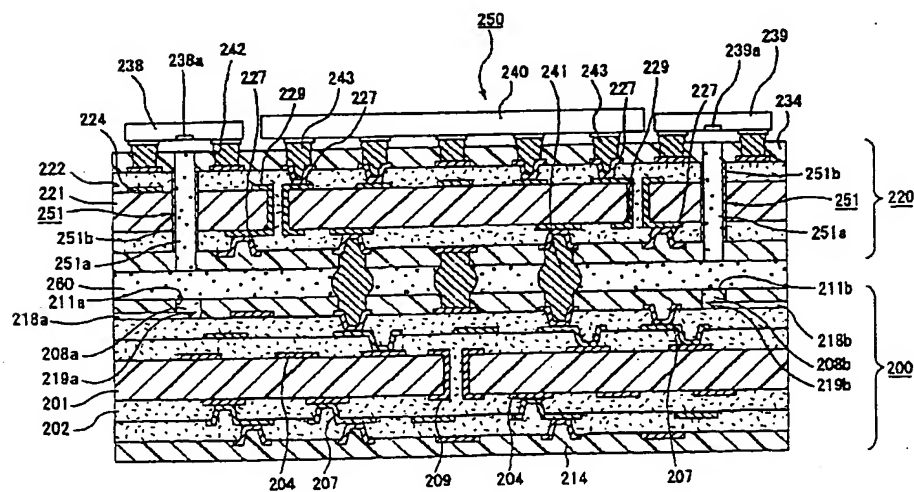
67	134, 234, 334, 434, 534, 634	ソ	*151, 251, 451, 551, 651	光信号伝送
	ルダ－レジスト層			用光路
137, 237, 337, 437, 537, 637	半		151a, 251a, 451a, 551a, 651a	光路用樹脂層
田パンプ			151b, 251b, 451b, 551b, 651b	金属層
138, 238, 338, 438, 538, 638	受		150, 250, 350, 450, 550, 650	光
光素子			通信用デバイス	
139, 239, 339, 439, 539, 639	発		260	封止樹脂層
光素子				
140, 240, 340, 440, 540, 640	I			
Cチップ				

\*10

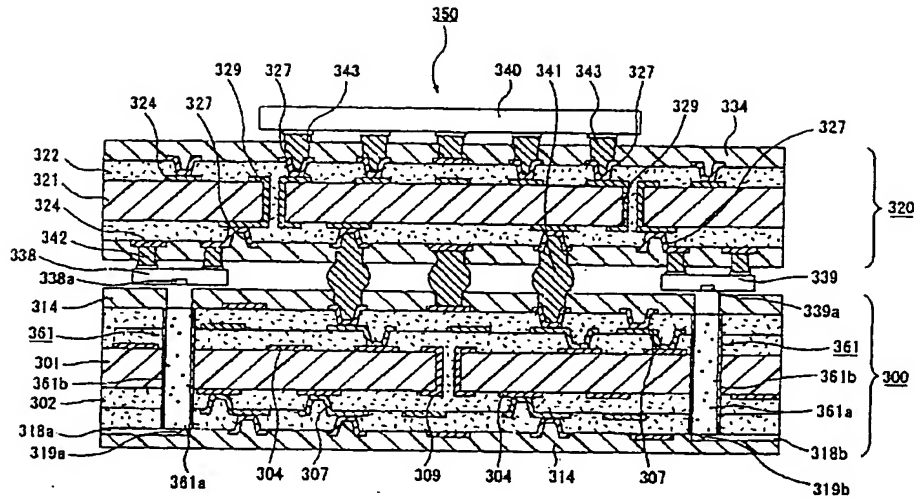
【図1】



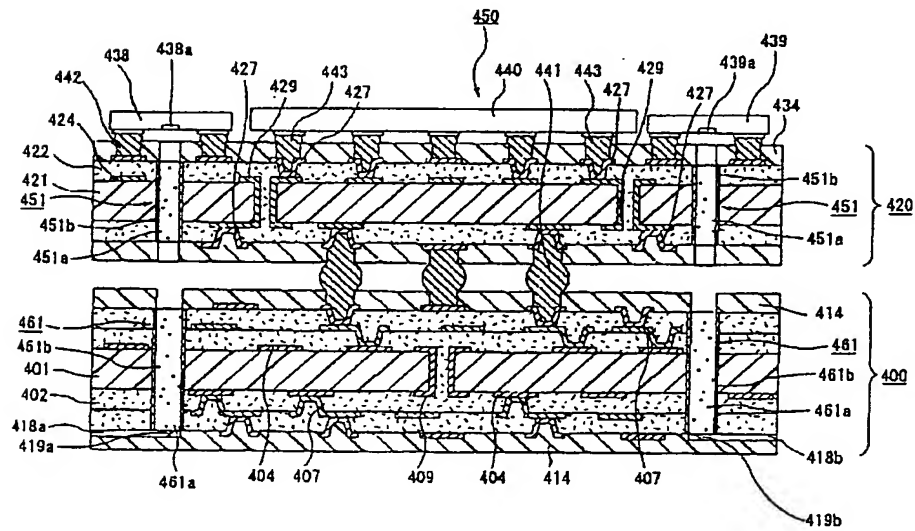
【図2】



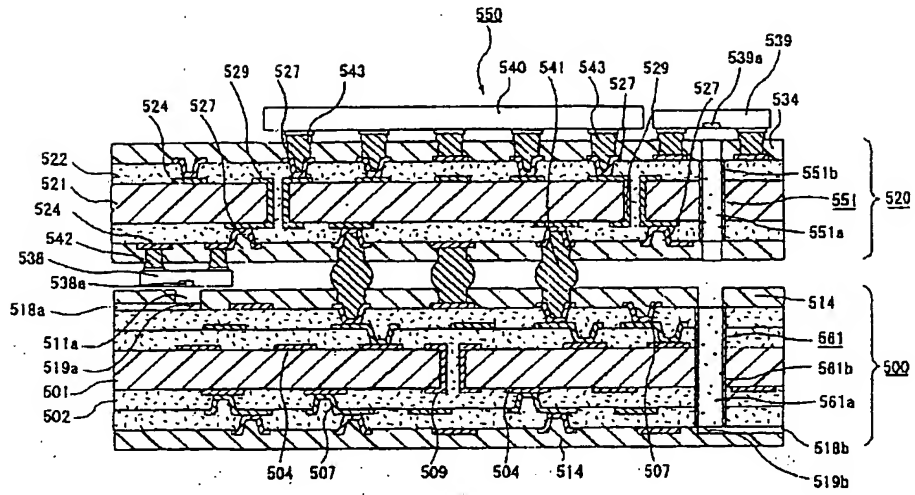
〔図3〕



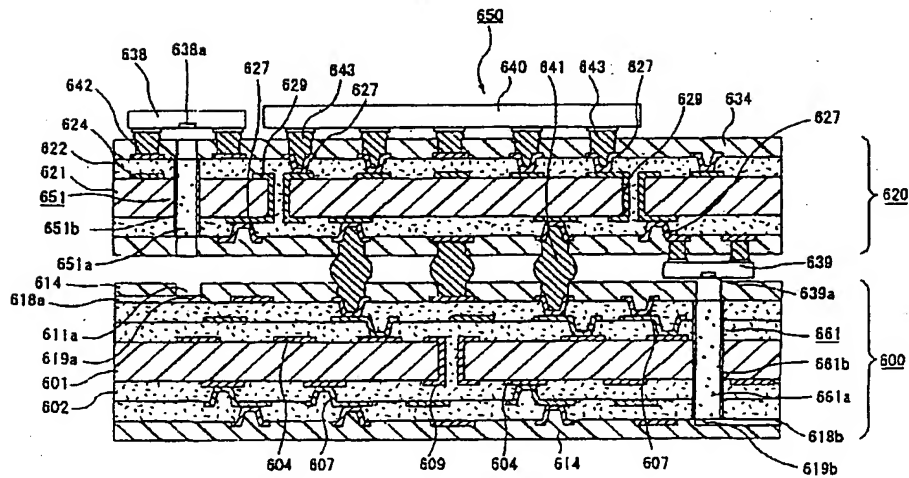
〔図4〕



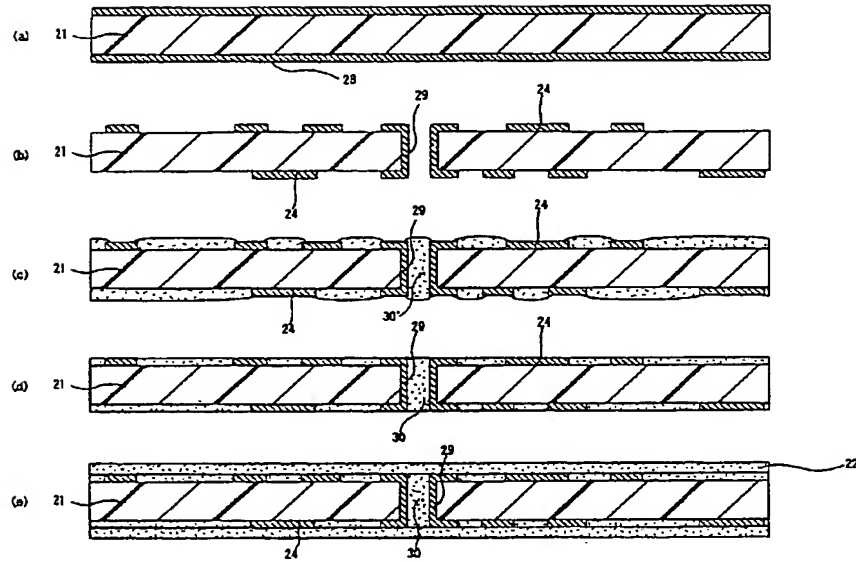
〔図5〕



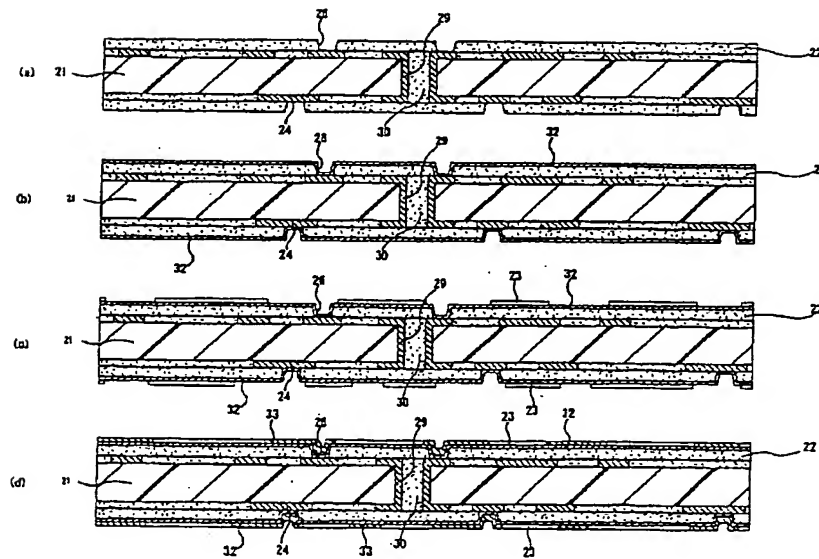
〔図6〕



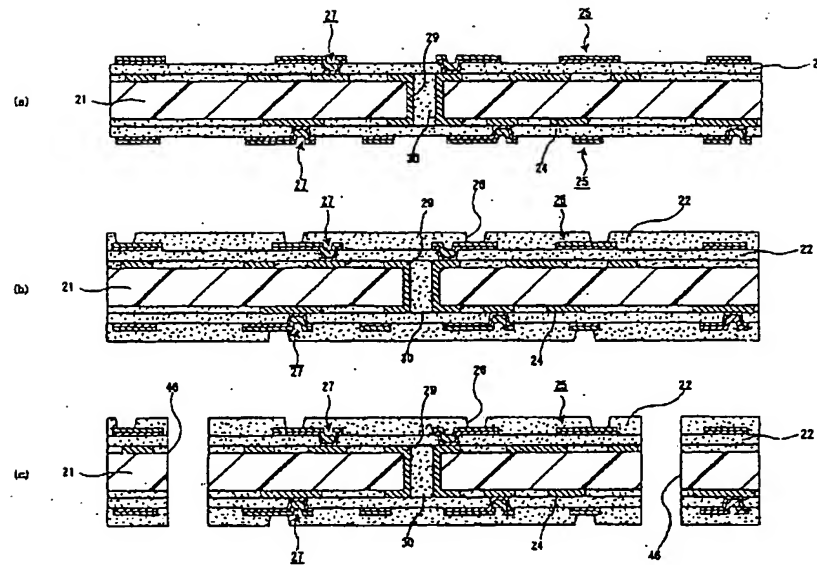
【図7】



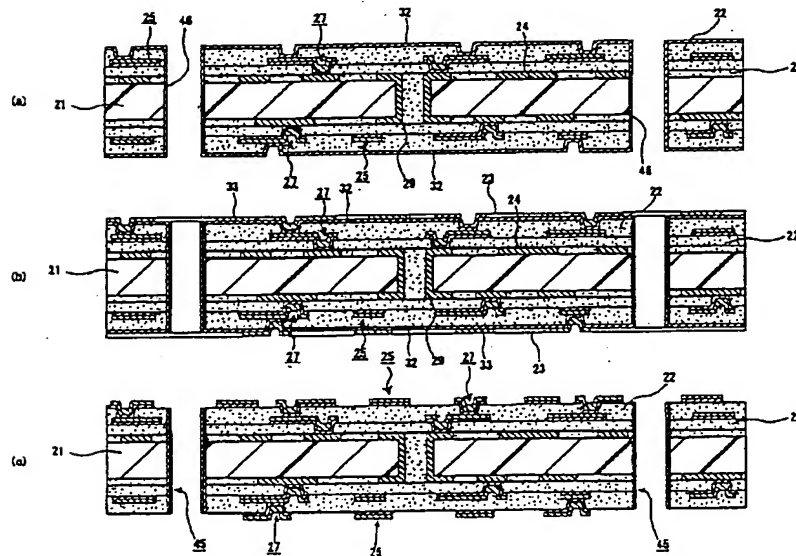
【図8】



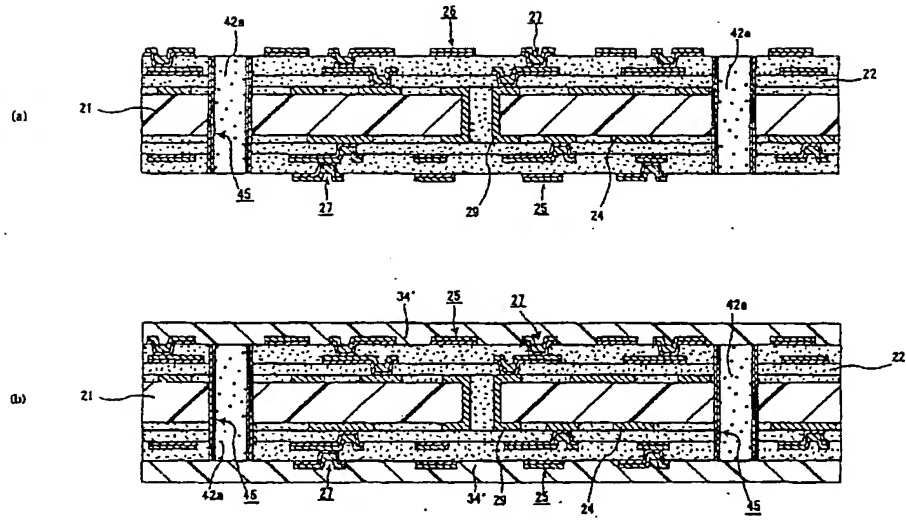
〔図9〕



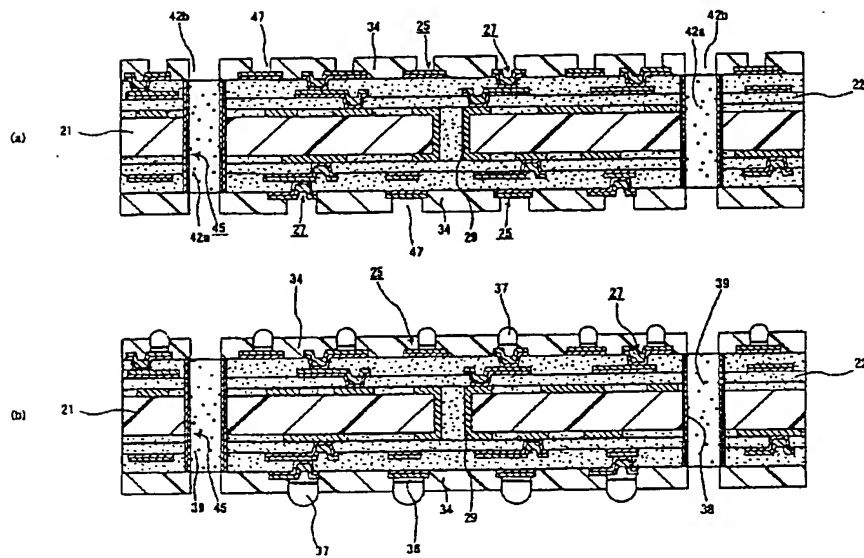
〔図10〕



【図 11】

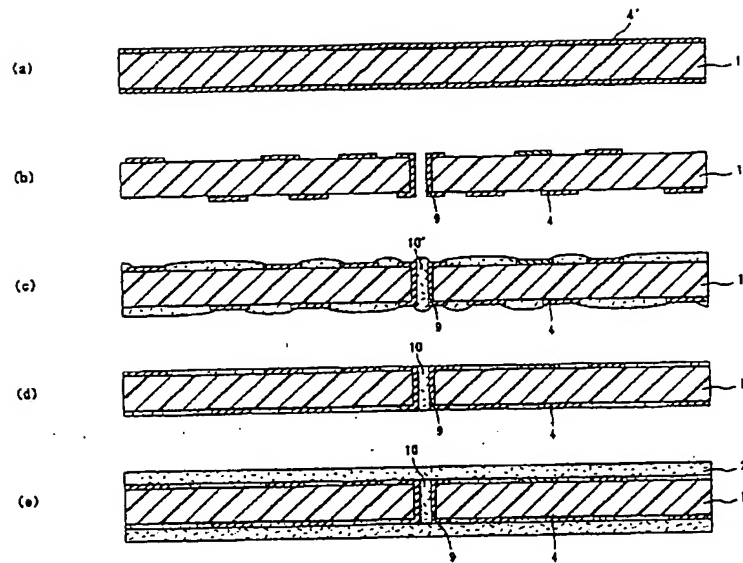


【図 12】





【図13】



【図14】

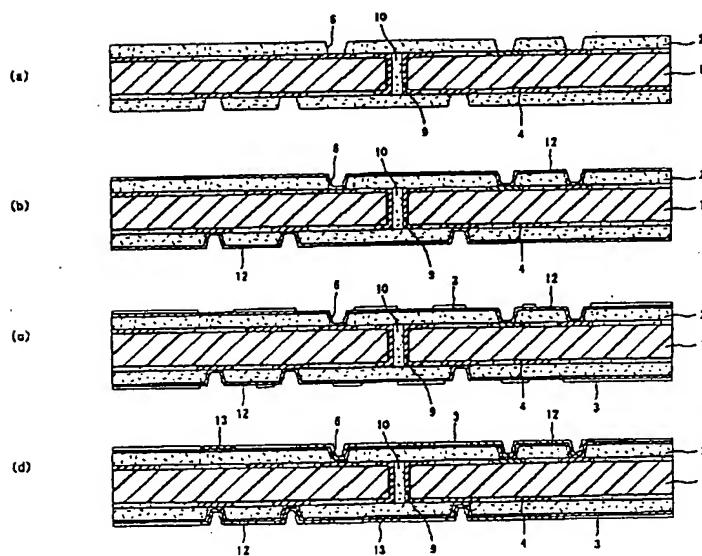
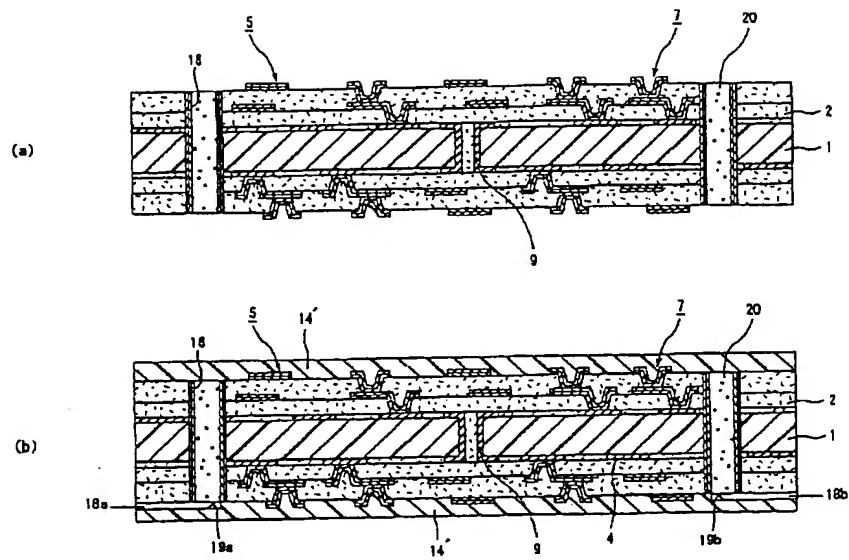
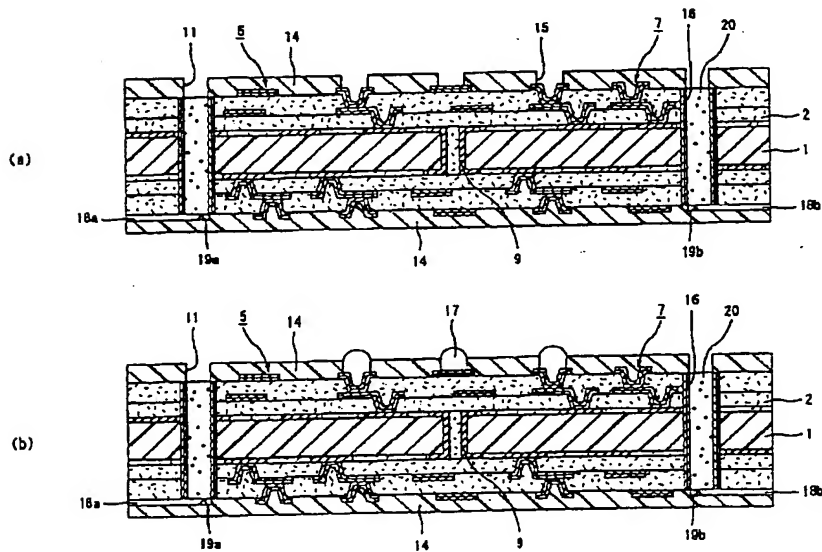


Figure 1 consists of three cross-sectional views of a multi-layered structure, labeled (a), (b), and (c). Each view shows a central channel or cavity formed by a series of layers and components. The layers are numbered 1 through 10. In (a), the structure is shown in a cross-section with a central channel. In (b), the structure is shown in a cross-section with a different top layer 6. In (c), the structure is shown in a cross-section with side flaps 8. The layers are labeled 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. The central channel is formed by a series of layers and components. The structure is shown in a cross-section with a central channel. The layers are labeled 1 through 10. The central channel is formed by a series of layers and components. The structure is shown in a cross-section with a central channel. The layers are labeled 1 through 10. The central channel is formed by a series of layers and components.

〔図17〕



〔図18〕



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H05K 3/46

識別記号

FI  
G02B 6/12  
H01L 23/12

ターマコード (参考)

B  
Q  
N

F ターム(参考) 2H047 KA04 KB08 KB09 LA09 MA07  
PA02 PA15 PA23 QA05 RA08  
TA05 TA11  
SE338 AA03 BB02 BB13 BB25 BB75  
BB80 CC01 CC10 CD11 EE22  
SE346 AA15 AA42 BB16 BB20 CC60  
DD24 DD32 DD50 GG15